

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
54.04.01 Дизайн  
Отделение автоматизации и робототехники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНО-ВЫСТАВОЧНЫХ УСТАНОВОК, НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ КАРБИДА КРЕМНИЯ
УДК 004.92. 84:542.21:666.792.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ61	Никулина Екатерина Алексеевна		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Захарова А.А.	д.т.н.		
Руководитель ООП	Захарова А.А.	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Н.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ШБИП ООТД	Мезенцева И.Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов С.В.	к.т.н		

Томск – 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Отделение автоматизации и робототехники  
Направление 54.04.01 Дизайн

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_  
(Дата)      А.А. Захарова  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы в форме магистерской диссертации  
Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ61	Никулиной Екатерине Алексеевне

Тема работы:

<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНО-ВЫСТАВОЧНЫХ УСТАНОВОК, НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ КАРБИДА КРЕМНИЯ</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2622/с от 16.04.2018г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
------------------------------------------	--

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p><b>Объект дизайн проектирования:</b> лабораторно-выставочная установка по получению карбида кремния, в основе которой лежит инновационная технология синтеза карбида кремния, разработанная учеными ТПУ (Пак А.Я.).</p> <p><b>Цель научного исследования:</b> разработка подхода к решению проблем проектирования и оценки дизайн-решений лабораторно-выставочного оборудования при помощи комбинации методов поиска границ и кумулятивной стратегии Пейджа с использованием матрицы взвешенных решений.</p> <p><b>Объект исследования:</b> технология проектирования лабораторно-выставочного</p>
--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>оборудования, с учетом особенностей разрабатываемого объекта. В ходе проектирования дизайнер сможет в полной мере описать объект проектирования, рассмотреть и оценить при помощи матрицы взвешенных решений возможные концепции и способы компоновки деталей устройства, а также оптимизировать временные затраты на решение проектной задачи в соответствии с предъявляемыми критериями.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<p><b>Основные пункты аналитического обзора по литературным источникам:</b> анализ аналогов, патентных разработок связанных с устройствами для синтеза карбида кремния; анализ аналогов внутренних элементов инновационной установки; обзор теоретико-методологического материала по методам проектирования в промышленном дизайне.</p> <p><b>Основная задача проектирования:</b> проектирование лабораторно-выставочного оборудования с учетом особенностей и предъявляемых критериев.</p> <p><b>Основная задача исследования:</b> применение модернизированной технологии проектирования для создания лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния.</p> <p><b>Содержание процедуры проектирования:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• предпроектный анализ, включающий в себя изучение объекта проектирования (применение, использование), обзор и анализ аналогов, технология работы устройства;</li> <li>• поиск границ нацеленный на определение габаритных размеров установки, для него необходимо провести анализ деталей установки стандартных и дополнительных, варианты компоновки, свойства, способы крепления, провести оценку при помощи матрицы взвешенных решений и отсеять неудачные варианты;</li> <li>• на этапе применения кумулятивной стратегии Пейджа необходимо выявить основные критерии оценивания дизайн-решений, представить возможные дизайн-концепции и оценить их. Доработать выбранный вариант, с</li> </ul>

	художественно-визуальным представлением и чертежно-габаритными схемами. <b>Практические результаты выполненной работы:</b> дизайн лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния. <b>Теоретические результаты выполненной работы по основному разделу:</b> анализ проблемы традиционной технологии проектирования; анализ существующих методов проектирования; разработка концептов оболочки по традиционной и модернизированной технологии проектирования, анализ технических и функциональных особенности дизайн-разработки; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность.
Перечень графического материала	Эскизные решения оболочки; компоновочно-габаритные схемы; визуализация видовых точек объекта.

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Дизайн-разработка установки методом инженерного проектирования	Пак А.Я., доцент ОАР
Раздел на иностранном языке	Диденко А.В., доцент ОИЯ
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шаповалова Н.В., старший преподаватель ШИП
Социальная ответственность	Мезенцева И.Л., ассистент ШБИП ООД
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат на тему ВКР	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
------------------------------------------------------------------------------------------	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Захарова А.А.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ61	Никулина Екатерина Алексеевна		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ61	Никулина Екатерина Алексеевна

Институт	ИШИТР	Кафедра	
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Промышленный дизайн

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент по г. Томску
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциала потребительского исследования, SWOT-анализ;
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка эффективности исследования;

## Перечень графического материала:

- Дизайн-решения лабораторно-выставочной установки полученные инженерной и модернизированной технологиями проектирования
- Матрица SWOT
- График проведения и бюджет НИ
- Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
------------------------------------------------------	--

## Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Н.В.			

## Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ61	Никулина Екатерина Алексеевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ДМ61	Никулина Екатерина Алексеевна

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	54.04.01 Дизайн

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Технология проектирования лабораторно-выставочных установок.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемой технологии в следующей последовательности:	Анализ выявленных вредных факторов: • повышенный уровень шума на рабочем месте; • отклонение показателей микроклимата; • повышенный уровень электромагнитных излучений; • недостаточная освещенность рабочей зоны; • прямая и отраженная блескость. Анализ выявленных опасных факторов: • электробезопасность;
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемой технологии в следующей последовательности:	
2. Экологическая безопасность:	• Рассмотреть материалы из которых изготавливаются детали для лабораторно-выставочных установок и их воздействие на окружающую среду.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	• Рассмотреть возможные ЧС на рабочем месте оператора ПК и рассмотреть возможные превентивные меры по предотвращению ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	• Рассмотреть правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности на рабочем месте.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ61	Никулина Екатерина Алексеевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 122с., 22 рис., 21табл., 75 источников, 8 приложений.

Объектом дизайн-проектирования является лабораторно-выставочная установка по получению карбида кремния.

Целью дипломной работы является разработка технологии проектирования лабораторно-выставочных установок, с учетом особенностей проектируемого оборудования с целью сокращения временных затрат, на примере лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния.

Объектом исследования является повышение эффективности проектирования, за счет детального описания требований предъявляемым к лабораторно-выставочному оборудованию. С учетом выделенных критериев любое предложенное дизайнером решение можно оценить с учетом весового значения критерия или оценки эксперта (дизайнера, заказчика). Разрабатываемая технология проектирования позволяет видоизменить процесс эскизирования и выбора удачного варианта объекта, а также его дальнейшую оценку, тем самым сократив временные затраты дизайнера, ликвидировав неудовлетворяющие свойствам (критериям) объекта решения еще до этапа эскизирования.

В результате проектирования был разработан дизайн оболочки лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния, выявлена проблема традиционного проектирования и предложено ее решение при помощи приемов, которые позволяют:

- получить представление о габаритных размерах и внутренней компоновке установки, при этом соблюдая критерий вариативности пространства;
- оценить дизайн-концепции и на основе всех предъявленных критериев и выставленных взвешенных оценок экспертов, выбрать наиболее удачный вариант.

## Нормативные ссылки

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;
2. СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1);
3. ГОСТ 50948-96 Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;
4. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;
5. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1);
6. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование;
7. ГОСТ 12.1.003–83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. 1988;
8. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;
9. ГОСТ Р 50948-2001, Средства отображения информации индивидуального пользования, общие эргономические требования и требования безопасности;
10. СанПиН 2.2.4/2.1.8.005-96 «Физические факторы производственной среды» М.: Минздрав России, 2003;
11. ФЗ РФ № 123-ФЗ «Технический регламент к пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г., статья 32;
12. СанПиН РФ 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;
13. СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов;
14. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.



## Содержание

Введение.....	12
1. Анализ теоретико-методологического материала.....	14
1.1. Обзор теоретико-методологического материала.....	16
1.1.1. Анализ методов дизайн-проектирования.....	17
1.1.2. Подходы к проектированию.....	19
1.2. Гости и стандарты предъявляемые к лабораторно-выставочному оборудованию.....	21
1.3. Технология традиционного проектирования.....	23
1.4. Постановка задачи исследования.....	25
2. Разработка дизайн-концепции лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния методом традиционного (инженерного) проектирования.....	26
2.1. Проблема. Составление технического задания.....	26
2.2. Предпроектный анализ.....	27
2.3. Разработка эскизных вариантов лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния.....	31
2.4. Материалы и методы изготовления деталей.....	33
2.5. Дизайн лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния инженерными методами проектирования.....	38
2.6. Выявление проблем в технологии проектирования.....	41
3. Модернизация технологии дизайн-проектирования лабораторно- выставочных установок.....	42
3.1. Требования предъявляемые к лабораторно-выставочным установкам.....	42
3.2. Модернизация традиционной технологии проектирования.....	44
3.3. Создание дизайн-концепции установки по получению карбида кремния по модернизированной технологии проектирования.....	47
3.3.1. Проблема проектирования.....	47
3.3.2. Предпроектный анализ.....	47

3.3.3. Поиск границ.....	51
3.3.4. Концепции. Кумулятивная стратегия Пейджа .....	57
3.4. Сравнительный анализ дизайн-концепций полученных традиционной и модернизированной технологией проектирования .....	62
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение .	63
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	63
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	63
4.1.2. SWOT – анализ.....	64
4.2. Инициация исследования.....	67
4.3. Организация и планирование работы по разработке дизайн-проекта ...	69
4.3.1. Структура работ в рамках дизайн-проекта .....	69
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика проведения проектной работы .....	70
4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	71
4.4.1. Расчет материальных затрат.....	72
4.4.2. Расчет заработной платы .....	72
4.4.3. Расчет затрат на социальный налог .....	73
4.4.4. Расчет накладных расходов.....	74
4.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	74
4.5. Определение эффективности исследования .....	75
4.6. Оценка сравнительной эффективности исследования.....	76
5. Социальная ответственность .....	79
5.1. Производственная безопасность .....	79
5.1.1. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация .....	80
5.2. Анализ рабочего места дизайнера при разработки технологии по проектированию лабораторно-выставочных установок .....	81
5.2.1. Прямая и отраженная блескость .....	82
5.2.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	82
5.2.3. Отклонение показателей микроклимата .....	84

5.2.4. Повышенный уровень шума на рабочем месте .....	86
5.2.5. Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	87
5.3. Экологическая безопасность .....	88
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	89
5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	91
Заключение .....	94
Список литературы .....	97
Приложение .....	104
Приложение А .....	116
Приложение Б .....	117
Приложение В.....	118
Приложение Г .....	119
Приложение Д.....	120
Приложение Е.....	121
Приложение Ж.....	122

## **Введение**

Цель данной диссертации состоит в исследовании технологий, методов и требований к проектированию современных инновационных установок. При этом рассматриваются аспекты моделирования установок не имеющих аналогов и установленных требований отраженных в техническом задании. Изобретение новых устройств и методов предусматривает собой появление выставочных, экспериментальных, лабораторных установок для продвижения исследований или создания мелкосерийных аналогов для тестирования и увеличения до промышленных масштабов. Решения задач по созданию оболочек, основанные на аналитических методах с учетом всех ГОСТов и допусков, имеют практическую значимость, поэтому настоящая работа является актуальной.

**Объект научного исследования:** повышение эффективности проектирования лабораторно-выставочных установок.

**Предмет научного исследования:** технология проектирования лабораторно-выставочных установок.

**Объект дизайн-проектирования.**

Объектом дизайн-проектирования является лабораторно-выставочная установка по получению карбида кремния, работающая на основе инновационного метода разработанного учеными ТПУ.

**Цель научного исследования:** разработка технологии дизайн-проектирования, применимой при создании инновационных лабораторно-выставочных установок с учетом основных технических требований и ГОСТов.

**Научная новизна работы** заключается в том, что рассматривается новый подход к технологии проектирования, учитывающий особенности лабораторно-выставочных установок и рассматривающий их как критерий оценки дизайн-концепций. Внедрение предложенной технологии проектирования способствует снижению временных затрат на проектирование за счет полного информационного описания проекта, выделения важных для

проектирования критериев и оценке предлагаемых дизайн-концепций на этапе эскизирования при помощи взвешенной матрицы решений.

**Основная задача исследования:** разработать эффективную технологию дизайн-проектирования, для создания лабораторно-выставочных установок.

**Основная задача проектирования:** разработать дизайн-концепцию лабораторно-выставочной установки для получения карбида кремния.

**Задачи решаемые в ходе магистерской диссертации:**

1. Провести анализ теоретико-методического материала.
2. Изучить имеющиеся методы дизайн-проектирования.
3. Ознакомиться с основными требованиями и стандартами предъявляемыми к лабораторным установкам.
4. Проектирование оболочки установки по получению карбида кремния инженерными методами.
5. Выявить проблем существующих технологий дизайн-проектирования.
6. Ознакомиться и сравнить особенности используемых материалов.
7. Ознакомиться и сравнить способы изготовления деталей.
8. Модернизировать технологию дизайн-проектирования.
9. Проверить апробацию технологии дизайн-проектирования на примере лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния.
10. Создать с помощью полученной технологии модель лабораторной установки.
11. Провести сравнительный анализ полученных дизайн-вариантов лабораторно-выставочных установок.
12. Оценить полученный результат.

## **1. Анализ теоретико-методологического материала**

Научная деятельность является одной из главных отраслей интересов человека, так как нацелена на усовершенствование уже имеющихся предметов, технологий, материалов, а также на разработку инновационных продуктов, оборудования, технологий.

Кроме того, научные исследования и эксперименты не возможны без финансирования, так как проведение экспериментов всегда связано с оборудованием необходимым для проверки основной идеи научного исследования. Помимо затрат необходимых для проведения самого эксперимента, возникает потребность в представлении своих результатов экспертам на различных конференциях, выставках, а это требует визуального представления проекта, что в свою очередь подразумевает не только стандартное представление результатов в виде презентационного материала (презентация, плакаты, брошюры), но и элемента или рабочего процесса проводимого эксперимента. Это вызывает ряд сложностей, так как в большинстве случаев научное исследование главным образом нацелено на получение результата, подтверждения своей идеи, а не на визуальном представлении. И «пилотные-демонстрационные» проекты зачастую представляют собой минимальный набор элементов, представляющий рабочий процесс исследования. Однако такое представление обладает плохой визуальной базой, что в свою очередь негативно сказывается на понимание основной идеи проекта, в силу расположенности человека к визуальному восприятию. В связи с этим возникает потребность в создании оболочки (корпуса), который бы позволил не только представить идею и заинтересовать экспертов или же инвесторов, но и использоваться при дальнейших исследованиях при этом имея возможность видоизменяться и трансформироваться под эксперимент [1].

Эксперимент в свою очередь является одним из важнейших способов получения информации, именно поэтому при представлении научного исследования к нему предъявляются высокие требования, такие как:

- Достоверность свидетельствующая о том, что все найдены абсолютные и относительные погрешности всех определяемых величин.
- Максимальная общность полученной информации, позволяющая применять результаты эксперимента для класса подобных объектов.
- Минимальное число опытов для получения заданного объема информации. Некоторые эксперименты очень дорогостоящи; другие – очень длительны, поэтому большое количество опытов может сделать проведение исследований нецелесообразным [2].

Кроме этих, общих для всех видов экспериментов, требований, при проведении каждого конкретного эксперимента возникают свои, специфические требования, обусловленные особенностями объекта исследования, применяемой аппаратуры и другого.

В силу того, что специфика экспериментов может быть различна, появляются и разные требования к установкам. Однако весь ряд научных экспериментов объединяет то, что «начинка» установок меняется или не ясна до конца, в связи с чем возникает ряд проблем при создании дизайна корпуса.

Сферы научных экспериментов можно разделить на:

- медицина (фармакология, химия);
- материаловедение (изучение природных ресурсов, новых материалов, электроэнергетика);
- робототехника, кибернетика;
- механика (машиностроение, механика, радиоэлектроника);
- общество (философия, экономика, история, юриспруденция и др.);
- культура (этика, психология, искусствоведение) [3].

В силу того, что направленность каждой из групп отличается, то и стандарты, требования к устройству установок отличаются.

В главе рассматриваются следующие аспекты:

- обзор теоретико-методологического материала;
- анализ методов дизайн-проектирования;
- подходы к проектированию;
- ГОСТы и стандарты предъявляемые к лабораторно-выставочному оборудованию;
- выводы, цели, а также постановка задач исследования.

Теоретической базой исследования в области методов дизайн-проектирования, являются работы таких авторов, как: Джонса Дж. К., Брэдли Х., Барташевич А.А., Мельников А.Г., Ковешникова Н.А., Дженкс Ч., Михайлов С.М. [4-8].

### **1.1. Обзор теоретико-методологического материала**

Анализ теоретико-методологического материала показал, что существует множество методов проектирования, так например автором книги «Методы художественного проектирования» Джонсом Д. К. было выделено 35 методов [6]. В зависимости от классификации задач и целей проектирования применяются различные методы. Главной предпосылкой к такому многообразию методов в дизайне является то, что не существует единых правил работы дизайнера, и отсутствует упорядоченная система методов.

Общей особенностью методов дизайн-проектирования является направленность дизайна на инженерно-конструкторские, и художественные результаты. Исходя из этого стоит отметить что, методы используемые дизайнером должны содержать элементы инженерно-технического и художественного творчества. В связи с данной особенностью, методы дизайн-проектирования условно делят на «проектно-художественные», «инженерные» и «научные».



При создании дизайн-приборов инженерными методами, с соблюдением: веса, прочности, технологичности, жесткости, размерности и т.д., без учёта позиции стиля, эргономикой, согласованной с функцией, объект-проектирования не будет иметь свойств, которые могут повысить конкурентоспособность прибора. Техническое качество объекта-дизайна напрямую связано с эстетикой. В случае с лабораторным оборудованием можно отметить зачастую, полностью отсутствующие эстетические свойства, данное упущение может негативно отражаться при представлении основной идеи научного исследования для инвесторов или же на выставках и конференциях. При проектировании лабораторного оборудования необходимо, соблюдать согласованность эстетических и конструкторских качеств, при этом имея достаточно пространства для видоизменений изделия в ходе экспериментов и усовершенствования идеи исследования.

#### ***1.1.1. Анализ методов дизайн-проектирования***

Как говорилось ранее, методы дизайн-проектирования условно делят на «проектно-художественные», «инженерные» и «научные». Далее будет рассмотрена характеристика метода, а также проведен анализ плюсов и минусов каждой группы методов.

##### *Инженерные методы дизайн-проектирования.*

Инженерное проектирование является конструктивной деятельностью, направленной на создание планов, чертежей, расчетов, макетов материальных систем и объектов на основе имеющихся научных знаний из разных областей науки.

В основе инженерных методов проектирования лежит алгоритм, нацеленный на разбиение задачи на отдельные составляющие, тем самым создавая возможность поэтапного решения проблем формообразования [4,5,8].

Инженерное проектирование включает в себя:

- Разработку технического задания (ТЗ), так как это является первичным описанием объекта.

- Обзор и анализ имеющихся аналогов, позволяющий оценить имеющуюся ситуацию.

- Разработка возможных вариантов решений.

- Выполнение эргономического анализа.

- Выполнение технологического анализа.

- Выполнение экономического анализа.

- Разработка дизайн-решения.

Исходя из этого основным *преимуществом* данного метода проектирования является поэтапное решение проблемы формообразования за счет разбиения ее на отдельные составляющие.

Однако *недостатком* такого метода проектирования можно считать типизацию объектов, за счет сохранения основных конструкторских особенностей объекта, а также фокусировки внимания на имеющихся аналогах.

*Проектно-художественные методы проектирования.*

В основе создания нового предмета, в том числе на этапах творческого поиска и окончательного представления объекта лежит решение художественно-конструкторских задач. Проектно-художественные методы нацелены на поиск форм, которые бы позволили объединять в объекте эстетическую и техническую составляющую, позволяя реализовать потребности, вкусы потребителя, модные веяния [6].

Таким образом, основным *преимуществом* проектно-художественных методов является возможность эстетического обоснования, так как при проектировании учитываются различные стилистические и композиционные методы.

Однако *недостатком* является субъективная составляющая, представляющая собой ключевой момент данного метода, так как она не дает

возможности объективно анализировать и структурировать как сам процесс проектирования, так и его результат.

#### *Научные методы проектирования.*

Научное проектирование представляет собой разбитый на подзадачи процесс, нацеленный на автоматизацию формообразования. Подготовительным этапом к данному классу методов проектирования можно считать изучение необходимой научной литературы и других материалов по теме, для определения специфики объекта и процесса его проектирования. Таким образом, пройдя этап исследования, начинается разработка научной концепции, раскрывающей замысел и дающей представление о процессе проектирования, так же на данном этапе определяются цели и задачи, проблематика и описательная характеристика, проводится эксперимент. Заключительным принципом научного проектирования является составление классификаций [7].

Таким образом, *преимущество* заключается в том, что научное проектирование позволяет получить комплексное решение, при этом позволяя автоматизировать и оптимизировать процесс проектирования.

*Недостатком* же научного проектирования можно считать его трудоемкость, а также зачастую отсутствие конкретной проектной концепции.

Подводя итоги анализа методов проектирования, стоит отметить, что применение одной группы методов в достаточной степени не дает оптимального решения, позволяющего получить не только эстетический, но и оптимизированный технический проект.

#### ***1.1.2. Подходы к проектированию***

Процесс проектирования имеет общепринятые этапы: постановка проблемы (задача), далее требуются средства для решения проблемы, а затем следуют выбранные методы для осуществления поставленных задач. Чтобы избежать ошибок в процессе проектирования, необходимо определить

стратегию для реализации задач этапов проектирования. Существуют разные проектные подходы, которые применяются в соответствии с задачей:

- Системный подход. Анализируются взаимосвязи объекта проектирования (его потребительские свойства) со средой [9].
- Функциональный подход. Анализируется значимость и полезность функций прибора к затратам на их реализацию [10].
- Аналитический подход объединяет в себе комплексный анализ экономических и технических проблем, которые рассматривают все функции изделия в процессе проектирования и в процессе производства [6,11].
- Проблемный подход разбивает процесс проектирования на задачи и подзадачи и формулирует проблему для каждого этапа, затем выявляются и анализируются причины, влияющие на свойства и качество продукта [6,12].
- Экспертный подход. Метод экспертных оценок. Эксперты дают свою оценку изделию по сформулированным критериям [13].
- Инженерно-технический подход. Производится оценка дизайнерского решения с точки зрения системы «человек-машина». Подход включает: технологический анализ, конструктивный анализ [4,5,8].
- Экономический подход. Рассматривает вопросы себестоимости и цены продукции [14].

Подходы к процессу проектирования формируют порядок в исследовательской работе. Исследования, в основном, относятся к анализу экономической составляющей, так как зачастую она является основным ограничивающим фактором. Исследования дают основания для формирования требуемого технического уровня устройства. Следовательно, требуется выбрать основные критерии дизайн-решения, а вторичные будут появляться в процессе дизайнерских и конструкторских работ [15].

Показатели качества любого изделия можно разделить на два вида: по надежности и с учетом экономических требований. Показатели качества включают в себя: точность в производстве, ремонтпригодность,

долговечность, розничная цена, стоимость обслуживания эксплуатации и ремонта. С учетом технических требований на начальном этапе проектирования необходимо знать и эстетический уровень объекта. С каждым этапом проектирования в объекте реализуются необходимые качества, работа становится более комплексной. Возникает проблема контроля реализации необходимых качеств в приборе согласовано с предыдущими этапами процесса проектирования [16].

Проанализировав теоретико-методологический материал, можно сделать заключение: процесс проектирования лабораторного изделия имеет общий алгоритм, каждый этап решает инженерными и художественно-эстетические задачи.

Зачастую выявление потребностей пользователя, в данном случае научного сотрудника (ученого), происходит на начальных стадиях проектирования и сводятся к минимальным исследованиям. Остальные этапы проектирования заключаются в создании технического проекта с последующей реализацией прототипа. Однако в случае с лабораторным оборудованием возникает потребность в исследовании и изучении процесса взаимодействия и изменения в отношениях «человек-машина» на всем протяжении проекта, так как доработка технологического процесса (эксперимента) происходит в реальном времени.

## **1.2. Гости и стандарты предъявляемые к лабораторно-выставочному оборудованию**

Основным документом, определяющим техническое соответствие нормам и стандартом изготовления и использования является ГОСТ ИЕС 61010-1-2014, в котором описаны условия безопасности электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования.

Стандарт ИЕС 61010-1-2014 устанавливает общие требования безопасности к трем основным типам электрического оборудования и его

вспомогательным устройствам при любых условиях использования, для которого оно предназначено.

- *Электрическое оборудование для испытания и измерения.*

К электрическому оборудованию для испытаний и измерений относится оборудование, которое с помощью электромагнитных средств испытывает, измеряет, отображает или регистрирует одну или несколько электрических или физических величин. Помимо него, в данную категорию входит не измерительное оборудование, такое как генераторы сигналов, измерительные эталоны, источники питания, предназначенные для использования в лабораториях, приемники, передатчики и т.д.

В их число входят настольные источники питания, предназначенные для вспомогательных функций при проведении испытаний или измерений на другой части оборудования. Источники питания, предназначенные для силового оборудования, относятся к области распространения IEC 61558.

Рассматриваемый стандарт также распространяется на испытательное оборудование, используемое в процессах производства и предназначенное для испытаний изготавливаемых устройств. Производственное испытательное оборудование может быть установлено рядом с промышленным оборудованием и взаимосвязано с ним;

- *Электрическое оборудование для контроля технологических процессов при производстве.*

Электрическое оборудование для контроля технологических процессов при производстве – это оборудование, предназначенное для контроля значения одного или более выходных параметров по отношению к установленным значениям, каждое из которых задается вручную, локальным или дистанционным программированием или с использованием одной или более входными переменными.

- *Электрическое лабораторное оборудование.*

К электрическому лабораторному оборудованию относятся приборы для измерения, отображения, регистрации, проверки или анализа свойств

материалов, или используемое для приготовления материалов, а также оборудование, предназначенное для диагностики в лабораторных условиях (IVD).

Данный тип оборудования допускается к использованию не только в лабораториях. Примерами такого оборудования являются самотестирующееся IVD оборудование, используемое в домашних условиях, и досмотровое оборудование для проверки людей или материалов во время перевозки [17].

### **1.3. Технология традиционного проектирования**

Приступая к решению сложной проектной ситуации, дизайнер начинает с постановки задачи, разработки технического задания, выбора метода и технологии проектирования. Традиционно, технология проектирования следует по пути перебора вариантов формы и в дальнейшем производит оценку эргономики и технических характеристик полученной формы.

Технология традиционного (инженерного) проектирования включает в себя 6 этапов, в соответствии с рисунком 1 [18, 19]:

- постановку проблемы, разработку технического задания;
- предпроектный анализ, заключающийся в сборе и анализе информации об аналогах;
- разработку возможных вариантов решений (эскизирование);
- моделирование дизайн-решений;
- выбор наилучшего дизайн-решения из предложенных;
- оценку выбранного дизайн-решения на соответствие, проведение эргономического, технологического, экономического анализа.

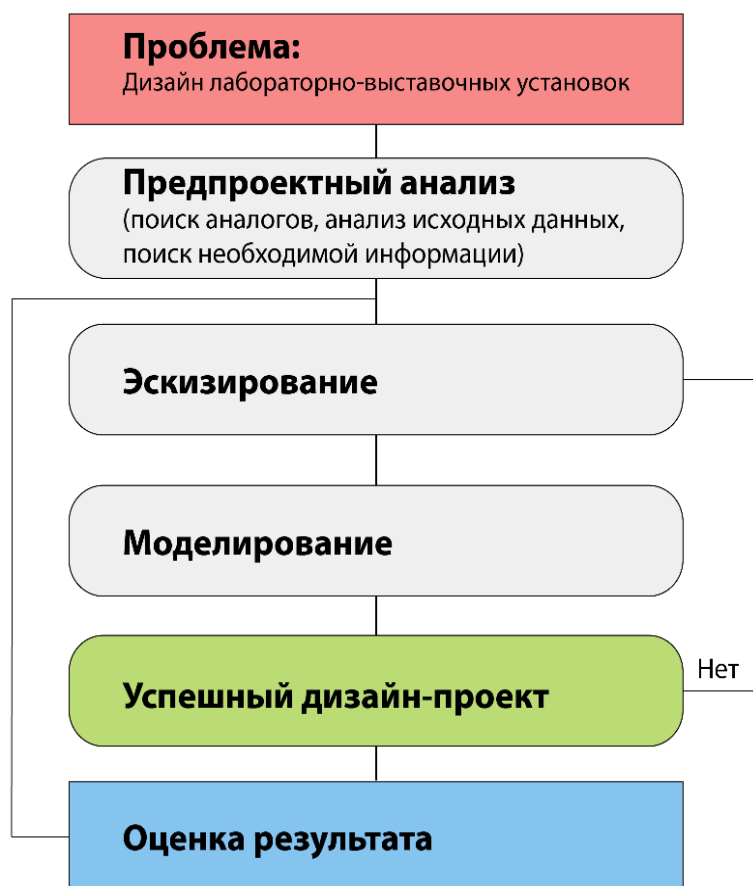


Рисунок 1.1. Технология традиционного моделирования

Зачастую в ходе проектирования возникает ситуация несоответствия полученного дизайн решения, какому-то показателю. Так, например, на этапе оценки готового решения объект проверяется на соответствие эргономическим требованиям, и возможна ситуация, когда решение не соответствует заявленным требованиям. Такие ошибки возможны на этапе оценки конечного результата или же при выборе успешного дизайн решения из предложенных вариантов, что в свою очередь ведет к возвращению дизайнера на этап эскизирования, а значит появляется цикличность процесса проектирования. Появление цикличностей в работе проектирования ведет к увеличению временных затрат на реализацию проекта, в случае с лабораторно-выставочным оборудованием такие ситуации неприемлемы.



#### **1.4. Постановка задачи исследования**

При проектировании нового дизайн-объекта, вносить изменения в форму объекта на стадии формирования художественного образа целесообразней, чем на поздних стадиях проектирования, это обусловлено экономическим фактором прежде всего, но особенности лабораторно-выставочных установок могут потребовать дополнительных изменений даже на стадии технического моделирования или же в уже готовом продукте. Следовательно, важной задачей в технологии проектирования лабораторно-выставочных установок становится эргономичность внутреннего устройства установки или же создание удобной формы с дополнительными допусками, позволяющими не только не утяжелять конструкцию для транспортировки, но и создать необходимую модульность и вариативность. Для выполнения данной задачи необходимо модернизировать технологию проектирования, за счет комбинации различных методов-проектирования.

##### **Цель исследования:**

- Разработать технологию дизайн-проектирования, учитывающую все предъявленные требования к лабораторно-выставочным установкам.

**Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:**

Сформулировать перечень критериев для оценки дизайн решений.

Исследовать методы проектирования и разработать технологию, которая позволит создать дизайн-проект отвечающий всем критериям.

Провести апробацию разработанной технологии на примере проектирования лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния.

## **2. Разработка дизайн-концепции лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния методом традиционного (инженерного) проектирования**

### **2.1. Проблема. Составление технического задания**

Приступая к проектированию, необходимо на первом этапе поставить проблему и составить техническое задание, в рамках которого будет проходить ее решение.

Проблема: создание дизайна корпуса установки для получения карбида кремния.

Основные требования (ТЗ) предъявляемое к установке:

1. Соответствие гостам и стандартам.
2. Подбор доступных материалов, а также методов изготовления деталей.
3. Малые габаритные размеры установки, изменение веса установки, за счет подбора комплектующих.
4. Эргономичность установки, доступность сборки и разборки, замены деталей, транспортировки.
5. Наименьшее изменение комплектующих.

В силу особенностей установки, четкие требования касающиеся габаритных размеров отсутствуют. В процессе проектирования, по ходу работы, будет происходить подбор комплектующих, определение требований по размещению, подбор материалов. Это связано с тем, что инженер-исследователь (заказчик) зачастую, понимает технологию работы установки, но так как до этого, были проведены эксперименты из имеющихся в распоряжении средств, то комплектующие и способы их соединения для действующей установки неизвестны.

## 2.2. Предпроектный анализ

Технология предпроектного анализа нацеленная на рационализацию и ускорение процесса поиска новых решений. Предпроектный анализ, имеет универсальный характер, т.к. действительна для проектных задач самого разного класса и типа.

Методика предпроектного анализа делит проектную задачу исследования на составляющие этапы, с определением для каждого целей и результатов работы.

- Исследование проектной задачи, знакомство с ситуацией, контекстом размещения будущего объекта, перечнем свойств, которыми он должен обладать. Данный этап нацелен на: изучение аналогов, обзор литературных данных и реальных прототипов, выяснение их положительных и отрицательных качеств, формулировка прямых задач дальнейшей работы.

- Восприятие задачи проектирование происходит через рассмотрение ее как проблемы, которую необходимо решить, т.е. рассматриваются противоречия между обстоятельствами будущей жизни объекта и эксплуатационными характеристиками его структур.

- Сравнение предложений, рассматривающие отдельные узлы проектной задачи, сведение их в разные варианты общего решения, и выбор среди этих вариантов наиболее эффективного. Это еще не проект, а дизайн-концепция, принципиальная дизайнерская идея будущего проекта, но уже содержащая его реально представимые формы: инженерно-технические, пространственные, процессуальные и т.д.

Все варианты задач композиционной организации лабораторных комплексов можно разделить на две группы:

- «проектирование без аналогов» - создание объектов принципиально новых, где синтезируются не встречавшиеся ранее технические, пространственные и образные параметры;

- «проектирование по прототипам» - внесение новых качеств в облик или техническое решение объектов и систем, уже знакомых [20,21].

В рамках предпроектного анализа, в случае с лабораторно-выставочной установкой по получению карбида кремния, задача композиционной организации не может относиться к одному из представленных типов, в силу уникальности технологии разработанной учеными ТПУ, но в то же время аналоги данного устройства имеются. Поиск и рассмотрение аналогов, в данном случае позволит выявить имеющиеся проблемы, особенности и схемы устройства.

Карбиды кремния благодаря широкому спектру физико-механических и электрофизических свойств находят применение в различных отраслях науки и техники, таких как производство перспективных высокотемпературных полупроводниковых приборов, создание сверхтвердой тугоплавкой поликристаллической керамики, армирование материалов конструкционного назначения, формирование пористых материалов. Продуктом естественного окисления карбида кремния является диоксид кремния, что позволяет формировать структуры типа “металл-оксид-полупроводник” (MOS-electronics) для производства современных транзисторов (MOSFET), применяемых для коммутации в высоковольтных сетях электроснабжения [22, 23,24].

Несмотря на то, что синтезом карбида кремния занимаются с 1893 года, технология и особенности производства данного материала являются стандартными и имеют примерно одну схему, состоящую из 4 систем :

- электропитания;
- газоснабжения;
- поджига дуги;
- водоохлаждения [25].

Чаще всего комплексы для получения карбида кремния представляют собой массивные печи с различными блоками и газовыми отсеками для

поддержания определенной атмосферы в реакторе, как показано на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1. Печь для получения карбида кремния

Среди большого количества штучных экземпляров установок по получению карбида кремния, есть ряд промышленных аналогов, так например установка немецкой компании PVA TePla. Разработанная немецкой компанией промышленная установка по производству карбида кремния «baSiC-T» (представленная на рисунке 2.2.), использует в основе технологию по перемещению физического пара, и позволяет синтезировать були для пластин диаметром 100 и 150 мм. Исходный пар для выращивания кристаллов получается при помощи возгонки порошка при температуре достигающей  $2200^{\circ}\text{C}$ , создаваемой индукционным нагревателем мощностью 10 кВт. Максимальная общая мощность установки составляет 60 кВт.

Установка представляет собой модульную конструкцию с выдвижной реакторной зоной и шкафами управления. Габаритные размеры установки составляют  $2 \times 1,2 \times 2,8$  м, вес установки составляет 1300 кг, а с учетом шкафа

управления достигает 2000 кг [26]. Достаточно массивная установка, кроме того обладает низким уровнем транспортируемости.



Рисунок 2.2. Оборудование по изготовлению карбид-кремниевых монокристаллов

Проанализировав имеющиеся промышленные аналоги, можно выявить ряд упущений:

- большие габариты;
- тяжело транспортируется;
- сложный процесс изготовления материала.

Благодаря технологии разработанной учеными Томского политехнического университета (Пак А.Я.) устраняется необходимость в системах газоснабжения и водоохлаждения, за счет чего значительно уменьшаются габаритные размеры установки. На данном этапе установка требует создания лабораторно-выставочного образца с дальнейшим представлением на различных выставках и конференциях, а также возможной

модернизацией технологии и расширению производства до серийных, а затем и промышленных масштабов.

### **2.3. Разработка эскизных вариантов лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния**

Учитывая особенности методики применяемой учеными ТПУ, лабораторная установка по получению карбида кремния состоит из трех основных блоков:

- Силовой блок, состоящий из элементов питания, сварочного инвентора соединенного с USB-осциллографом.
- Реактор, представляющий собой привод выполняющий работы по перемещению анода и держатель для катода. Кроме того, данный блок включает в себе платы по управлению автоматическими процессами.
- Блок регистрации состоящий из ПК(ноутбука) для регистрации данных эксперимента.

В ходе наблюдения за экспериментом и взаимодействием с инженером работающим над экспериментом, были выявлены основные требования и особенности, необходимые для проектирования и создания будущей установки.

Так главной задачей проектирования является объединение сварочного аппарата с осциллографом в один корпус, а также организация «реакторной» зоны установки. Расположение блоков должно соответствовать эргономическим особенностям взаимодействия «человек-машина», а также соответствовать требованиям и стандартам применяемым к лабораторным установкам. На рисунке 2.3 представлены эскизные решения установки, с закрытым типом крепления катода и анода.

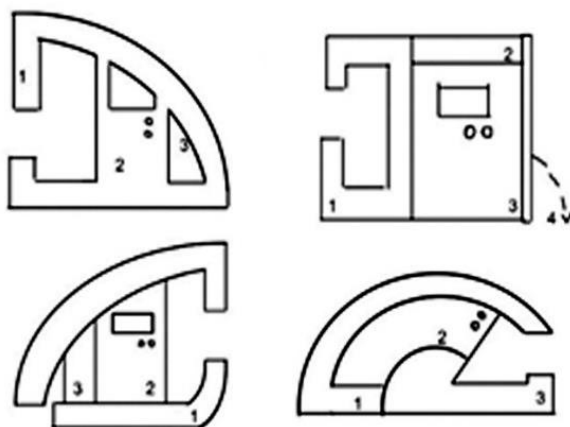


Рисунок 2.3. Эскизное решение установки с закрытым типом крепления

На рисунке 2.4, представлены эскизные решения установки с открытым и полужакрытым типами крепления.

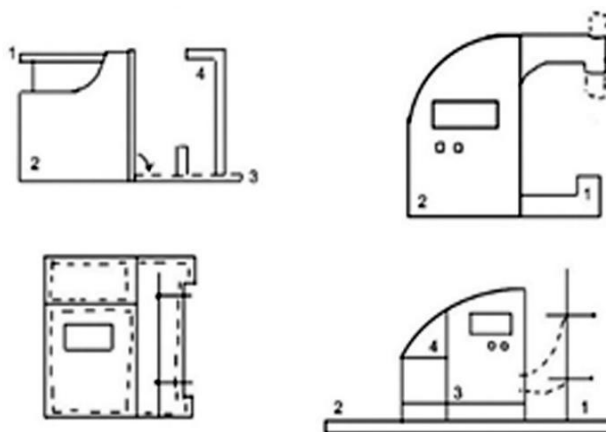


Рисунок 2.4. Эскизное решение установки с полужакрытым и открытым типами крепления

Рассмотрев, эскизные решения, представляющие три вида крепления внутренних деталей установки и основные варианты формы, а также экономические возможности, материалы и способы изготовления деталей было принято решение упрощения формы для дальнейшей печати деталей на 3D принтере и выбран открытый тип крепления внутренних деталей, для снижения финансовых затрат на производство.



## **2.4. Материалы и методы изготовления деталей**

Изучив имеющиеся аналоги, было отмечено, что основным материалом используемым для установок по получению карбида кремния преимущественно является нержавеющая сталь. Однако, для реализации лабораторно-выставочной установки применение данного материала является нежелательным в силу его тяжести, кроме того, методика получения разработанная учеными Томского Политехнического Университета не требует создания определенной атмосферной среды. Исходя из этого, для реализации проекта лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния могут быть использованы такие материалы как – пластик, органическое стекло и стеклотекстолит.

Пластмассы (пластики) – это органические материалы на основе полимеров, которые способны при нагреве размягчаться и под давлением принимать определенную устойчивую форму. Простые пластмассы состоят из одних химических полимеров. Сложные пластмассы включают добавки: наполнители, пластификаторы, красители, отвердители, катализаторы [27,28].

Пластик ABS – это современный синтетический полимер, обладающий высокой степенью ударопрочности и эластичности. За счет хороших технических характеристик получил широкое применение в качестве инженерного и конструкционного материала. Название ABS является сокращением по первым буквам трех мономеров (акрилонитрил, бутадиен, стирол), которые в сочетании с термопластичной смолой образуют стабильный полимер [29].

Основными свойствами, влияющими на востребованность материала на рынке, являются:

- высокие показатели износостойкости и прочности в сочетании с эластичностью;
- долговечность при условии эксплуатации без воздействия ультрафиолетовых лучей;

- высокая сопротивляемость воздействию моющих средств и щелочных составов; устойчивость к воздействию влаги, кислот и масел;
- в нормальных условиях материал не токсичен; может эксплуатироваться при температурах от -40 °С до +90 °С с сохранением технических характеристик;
- в чистом виде материал имеет матовую поверхность желтоватого оттенка, но при помощи пигментных добавок может окрашиваться в любые цвета и становиться прозрачным [30].

Полиметилметакрилат (органическое стекло) — продукт полимеризации метилового эфира метакриловой кислоты. Он представляет собой совершенно прозрачный полимер в виде листов, блоков и прессовочных порошков. Изделия из органического стекла имеют относительно высокую прочность при сжатии (предел прочности до 160 МПа), растяжении и изгибе (до 100 МПа), а также значительную ударную вязкость. Полиметилметакрилат легко поддается механической обработке (резанию, шлифованию и полировке) и почти не снижает своих свойств при пониженных температурах. Он отличается исключительной прозрачностью и способностью пропускать до 74% ультрафиолетовых лучей. Однако следует заметить, что при соприкосновении с огнем полимер горит, не стоек в отношении агрессивных сред, легко растворяется в ряде органических растворителей (ацетон, уксусная кислота и др.). Высокая стоимость этого полимера и недостаточная абразивостойкость ограничивают его применение в строительстве.

Полиметилметакрилат используют для остекления зданий специального назначения, витрин магазинов, веранд, оранжерей, больниц, для изготовления светильников, фонарей производственных цехов и т. п. Его можно получать окрашенным в различные цвета, прозрачным и непрозрачным [31,32].

Стеклотекстолиты и текстолиты. Текстолит — это разновидность слоистого пластика, которую получают методом горячего прессования. Для изготовления текстолита применяются тканые материалы и нетканые

нитепрошивные полотна, полученные из углеводородных и других синтетических волокон. Куски полотна помещают в специальные ванны и пропитывают смолами, подогретыми до температуры 40 °С. Затем полотно отжимают и сушат, после чего нарезают и спрессовывают при высокой температуре. Полученные пластины охлаждают также под давлением. В результате получается прочный и легкий материал с высокими эксплуатационными свойствами. Они характеризуются высокой тепло- и хладостойкостью, стойкостью к действию окислителей и других химически активных реагентов, высокими механическими свойствами. Стеклотекстолиты применяют для изготовления крупногабаритных изделий, радиотехнических и электроизоляционных деталей, длительное время работающих при температуре 200°С и кратковременно – при 250°С.

Являются конструкционными материалами, применяемыми для изготовления силовых изделий в различных отраслях техники (несущих деталей летательных аппаратов, кузовов и кабин машин, железнодорожных вагонов, корпусов лодок, судов и т. п.) [33].

#### **Методы изготовления деталей.**

*Прессование* – наиболее распространенный метод производства изделий из реактопластов и резиновых смесей, в ряде случаев он применяется и для получения изделий из термопластов. Метод основан на способности этих материалов переходить при нагревании в вязотекучее состояние и заключается в формовании изделия из расплава в замкнутом объеме путем создания в материале необратимых деформаций.

Фиксация заданных размеров и конфигурации изделия происходит вследствие протекания в материале химической реакции отверждения (вулканизации) – в случае переработки реактопластов (резиновых смесей) или в результате охлаждения – в случае переработки термопластичного материала.

В промышленности нашли применение различные технологические схемы метода прессования, которые отличаются друг от друга способами нагрева материала, его ввода в форму и последующего формования [34].

*Метод литьевого прессования* (литье под давлением), при котором технологические операции осуществляют в такой последовательности: закрытие пресс-формы, установка на ней загрузочной камеры с горячим пресс-материалом (на один цикл работы), создание давления на поршень загрузочной камеры для заполнения пресс-формы вязко-текучим пресс-материалом, поднятие загрузочной камеры и разъем пресс формы с извлечением готового изделия.

К существенным преимуществам литьевого (трансферного) прессования перед прямым прессованием следует отнести возможность изготовления сложных по конфигурации изделий с разной толщиной стенок, с отверстиями и арматурой. Изделия, полученные этим методом, отличаются высокой точностью размеров, отсутствием облоя. Литьевое прессование позволяет более полно автоматизировать производственный процесс, снизить отходы сырья, устранить необходимость последующей механической обработки изделий [35].

Данные способы изготовления деталей хороши в случае промышленного или серийного производства, в силу удешевления себестоимости деталей, за счет количества. В случае же с лабораторно-выставочными установками, которые являются единичным экземпляром, применение литья и прессования являются неоправданными и нелогичными.

Резка пластика для основных частей устройства также является экономически невыгодным вариантом, так как, в силу особенностей деталей корпуса, неизбежно появление непригодных для использования излишков материала [36].

Относительно новым и экономически приемлемым вариантом изготовления деталей из пластика является 3D печать, в силу доступности материалов и оборудования на территории университета, а также большого количества сторонних организаций занимающихся изготовлением объектов рассматриваемым способом.

*3D-печать* – построение реального объекта по созданному на компьютере образцу 3D модели.

3D печать открыла большие возможности для экспериментов в таких сферах как архитектура, строительство, медицина, образование, моделирование одежды, мелкосерийное производство, ювелирное дело, и даже в пищевой промышленности [37].

**Технологий 3D-печати можно разделить по основным направлениям:**

*Экструзионная печать.*

Сюда входят такие методы, как послойное наплавление (FDM) и многоструйная печать (MJM). В основе этого метода лежит выдавливание (экструзия) расходного материала с последовательным формированием готового изделия. Как правило, расходные материалы состоят из термопластиков, либо композитных материалов на их основе [38].

*Плавка, спекание или склеивание.*

Этот подход основывается на соединении порошкового материала в единое целое. Формирование производится разными способами. Наиболее простым является склеивание, как в случае со струйной трехмерной печатью (3DP). Подобные принтеры наносят на рабочую платформу тонкие слои порошка, которые затем выборочно склеиваются связующим материалом. Порошки могут состоять из практически любого материала, который можно измельчить до состояния пудры – пластика, древесины, металла [39].

*Стереолитография.*

Стереолитографические принтеры используют специальные жидкие материалы, называемые «фотополимерными смолами». Термин «фотополимеризация» указывает на способность материала затвердевать под воздействием света. Как правило, такие материалы реагируют на облучение ультрафиолетом [40].

Смола заливается в специальный контейнер с подвижной платформой, которая устанавливается в позиции возле поверхности жидкости. Слой смолы,

покрывающий платформу, соответствует одному слою цифровой модели. Затем тонкий слой смолы обрабатывается лазерным лучом, затвердевая в точках соприкосновения. По окончании засветки платформа вместе с готовым слоем погружаются на толщину следующего слоя, и засветка производится вновь.

#### *Ламинирование.*

Некоторые 3D-принтеры выстраивают модели, используя листовые материалы – бумагу, фольгу, пластиковую пленку.

Слои материала наклеиваются друг на друга и обрезаются по контурам цифровой модели с помощью лазера или лезвия.

Такие установки хорошо подходят для макетирования и могут использовать очень дешевые расходные материалы, включая обычную офисную бумагу. Тем не менее, сложность и шумность таких принтеров, вкупе с ограниченными возможностями изготавливаемых моделей ограничивают их популярность.

Наиболее популярными методами 3D-печати, применяемыми в быту и в офисных условиях стали моделирование методом послойного наплавления (FDM) и лазерная стереолитография (SLA) [41,42,43].

### **2.5. Дизайн лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния инженерными методами проектирования**

Создание дизайна оболочки для установки карбида кремния методами инженерного проектирования основывалось на следующих требованиях:

- экономическая составляющая;
- доступность, прочность и соответствие материалов;
- транспортируемость;
- изменение и вариативность конструкции в процессе проведения эксперимента.

Два основных блока оболочки, представленные на рисунке 2.5. Силовой блок состоит из двух элементов – сварочного инвертора и осциллографа. Реакторная зона состоит из привода с держателем для анода и держателя катода.

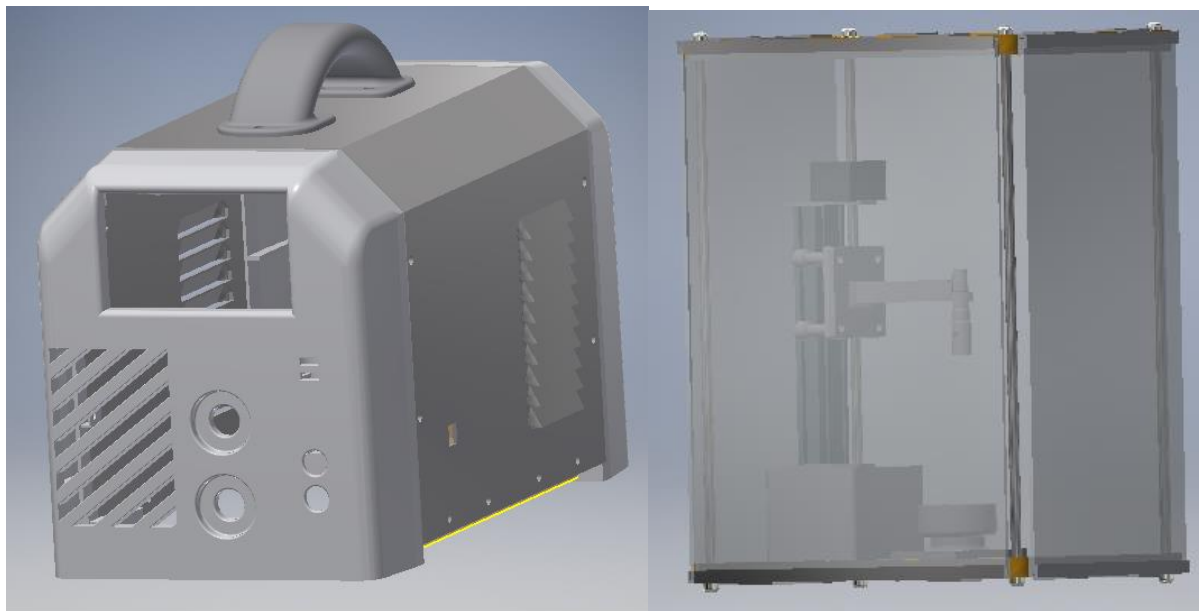


Рисунок 2.5. Блоки установки

Силовой блок установки выполнен из ABS-пластика при помощи 3-D печати, его корпус представляет собой упрощенный вид имеющихся аналогов сварочных-инверторов. Такое решение было принято в связи с тем, что все детали изготавливаются на 3D принтерах, кроме того внутреннее содержимое не поддается особым изменениям, лишь к имеющимся деталям добавляется USB-осциллограф, для измерения необходимых показателей на концах цепи в момент проведения эксперимента.

Совмещение инвертора и осциллографа необходимо в рамках данного исследования, так как позволяет регистрировать параметры реакции, изменение которых отвечает за изменение структуры получаемого материала.

ABS пластик достаточно прочный материал, способный выдержать необходимую нагрузку, кроме того он является диэлектриком и соответствует необходимым стандартам.

Внутреннее пространство корпуса позволяет добавлять дополнительные небольшие детали.

Блок реактора представляет собой прочные стеклотекстолитовые пластины соединенные металлическими штырями, как показано на рисунке 2.6. Металлические штыри могут выступать в качестве крепления дополнительных деталей регистрации. Внутри установки расположен привод с держателями для катода и анода.

Корпус установки (стенки) – это тонированные стекла, расположенные в направляющих, способствующие защите глаз от светового излучения исходящего в процессе эксперимента от электрической дуги. Стенки установки имеют различные вариации, в зависимости от случая использования установки. Так например, выставочный вариант может иметь обычные стекла, для демонстрации внутренних деталей установки, или же стеклотекстолитовые пластины, для непрерывной работы установки.

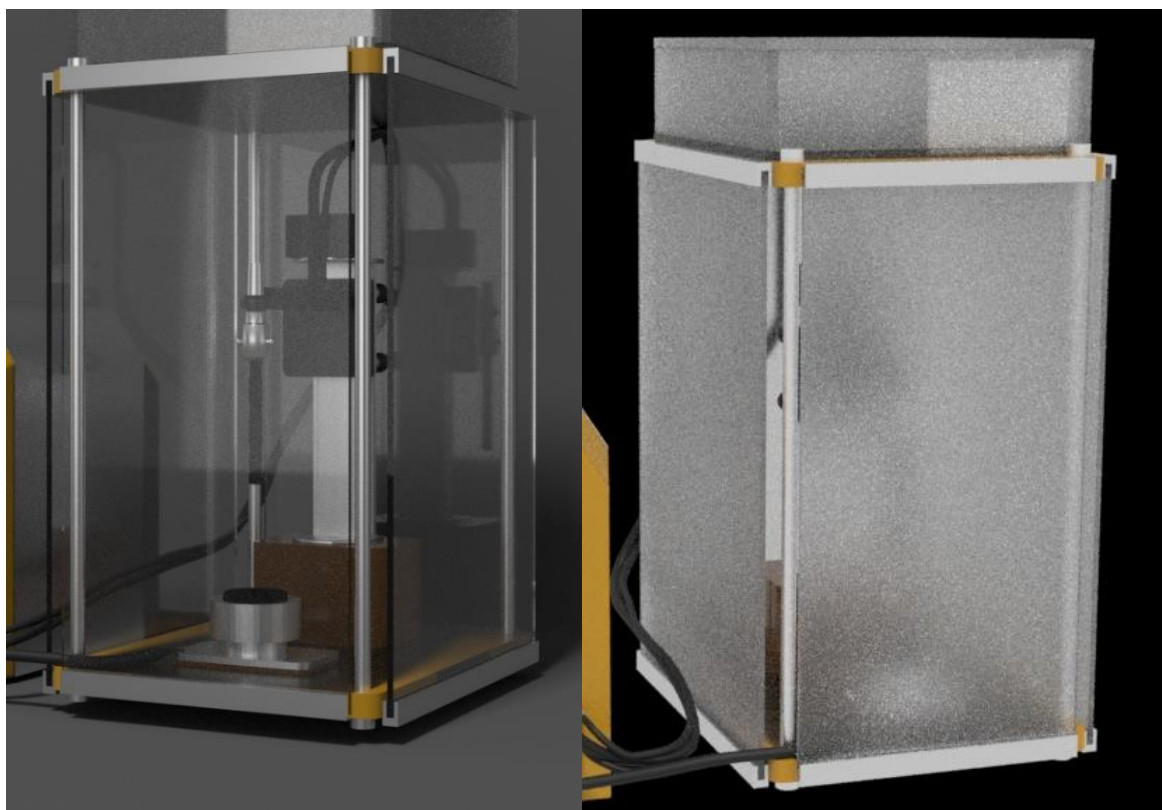


Рисунок 2.6. Реакторный блок



## **2.6. Выявление проблем в технологии проектирования**

Вариант дизайна установки полученный только инженерными методами проектирования соответствует необходимым техническим, экономическим требованиям, но эстетическая составляющая не учитывалась, что в свою очередь может негативно сказаться при дальнейшем представлении идеи эксперимента или же при выводе данной установки в промышленное или серийное производство. Кроме того, материалы и габаритные размеры установки, а также способы изготовления деталей, используемые в рамках реализации концепции инженерными методами, были выбраны из имеющихся в распоряжении.

Не смотря на то, что установка состоит из основных блоков, модульность и вариативность изменений в дальнейшем минимальны.

Таким образом были выделены новые требования применимые к дизайн-концепции лабораторной установки:

- модульность;
- технологичность;
- эстетичность;
- транспортируемость.

### **3. Модернизация технологии дизайн-проектирования лабораторно-выставочных установок**

В условиях высокой конкуренции за распределение грантов на проведение исследований, а также увеличению требований к эстетической составляющей научных, выставочных объектов возрастает потребность в создании не только работоспособных, но и технически, эстетически, функционально оптимальных оболочек.

Для реализации дизайн проекта лабораторно-выставочной установки необходимо уточнить предъявленные ранее требования.

Для того что бы наполнить форму объекта необходимыми качественными показателями необходимо провести аналитический анализ проектной ситуации, требующий исследование большого количества информации в различных областях (маркетинг, психология, эргономика и т. д). Актуальной задачей для дизайнера становится разработка приема, который поможет ускорить и оптимизировать трудоемкий процесс получения необходимого дизайн-проекта. Соблюдение всех заданных требований, без перевеса в ту или иную сторону, при помощи комбинирования методов проектирования разной направленности, подразумевает решение поставленной задачи.

#### **3.1. Требования предъявляемые к лабораторно-выставочным установкам**

*Модульность* является одним из основополагающих требований предъявляемым к лабораторно-выставочным установкам. Представление функционально законченных узлов отдельными модулями, позволяет не только

построить систему управления прибором технически комфортно, но и облегчить транспортируемость всего устройства в целом.

В лабораторно-выставочных установках рассматриваемого типа, в зависимости от функций можно сформировать отдельные модули. В случае с установкой по получению карбида кремния вся установка состоит из трех основных модулей: силовой, реакторный, регистрационный. При этом каждый из блоков должен иметь возможность изменения, дополнения компонентов внутреннего пространства модуля.

Модульный дизайн предполагает собой выбор основной формы применяющейся для всех блоков, что в свою очередь положительно скажется на презентабельности установки в целом, за счет целостности и оформленности идеи [44].

*Технологичность* еще один ключевой критерий предъявляемый к дизайн-проекту лабораторно-выставочных установок, так как безопасное и исправное функционирование деталей очень важно. Оптимальное расположение деталей, эргономичные способы крепления, соблюдение всех необходимых ГОСТов и стандартов, выбор материалов и способ изготовления деталей, взаимодействие (сообщение) между модулями – вот необходимые параметры для удовлетворения данного требования [45].

*Эстетичность* – немаловажный критерий для лабораторно-выставочных установок, так как именно этот параметр отвечает за визуальное восприятия и презентабельность установки, что в свою очередь является немаловажным фактором для понимания и заинтересованности инвесторами и экспертами [46].

*Транспортируемость.* Лабораторно-выставочная установка – это то устройство, которое всегда должно быть готово к транспортировке для представления на конкурсах, выставках, а значит оно должно быть легким, удобным для сборки-разборки и замены деталей в случае необходимости.

Таким образом, все вышеперечисленные требования являются важными в равной степени для оптимальной реализации дизайн-проекта лабораторно-выставочных установок.

### 3.2. Модернизация традиционной технологии проектирования

Главной задачей для дизайнера становится - создание эстетичной геометрии объекта. В ситуации неопределенного внутреннего содержания объекта, дизайнеру сложно оценить и учесть возможности вариативности своего продукта, а также соответствие всем предъявляемым критериям, вследствие чего технология традиционного проектирования может стать заикленным процессом и занять все время дизайнера, при этом не достигнув желаемого результата.

Более глубокое изучение проектной задачи и проблем возможных на этапе знакомства, подбора материала, проектирования, изготовления и использования разрабатываемого продукта, позволит уже на предварительном этапе иметь ряд ограничений и критериев позволяющих оценить результат проектирования на этапе создания дизайн-концепции.

Предпроектный анализ и дальнейшее применение метода поиска границ и кумулятивной стратегии Пейджа, позволяет в полной мере провести поиск и анализ возможных проблем при производстве или использовании, позволит создать ряд критериев позволяющих их избежать.

Для решения проблемы с вариативностью и расширением пространства, после изготовления корпуса, была выбрана идея метода поиска границ.

*Недостатком данного метода* является необходимость в изготовлении действующей модели с регулируемыми параметрами для определения необходимых габаритов и проведения эксплуатационных испытаний, но, первые два этапа данного метода, могут позволить определить интервал неопределенности в рамках которого лежит приемлемое решение. Таким образом для решения возможных проблем, связанных с нехваткой пространства для крепления дополнительных деталей, необходимо применить неполный метод поиска границ, представленный следующими этапами:

1. Составить полное описание основных технических требований, которыми определяется искомый размер.

2. Как можно точнее определить интервал значений, в котором заключена неопределенность [6].

Таким образом, помимо решения проблемы с вариативностью пространства, будут выявлены необходимые для учета технические требования и особенности в плане расположения и крепления деталей.

Определившись со всеми возможными критериями, проблемами и поставив, и сформулировав задачу проектирования, наступает процесс поиска формы объекта, параллельно с которой стоит применить идею кумулятивной стратегии Пейджа, которая помимо помощи в создании эскизных проектов, позволит произвести их оценку и выбрать оптимальный вариант дизайн-решения установки.

План работы с данным методом, включает в себя кумулятивные и некумулятивные этапы. Кумулятивные этапы нацелены на объединение информации по объекту проектирования, выявлению критериев оценивая. Некумулятивные этапы позволяют выбрать из имеющегося множества решений удовлетворяющее заявленным критериям. *Кумулятивные этапы:*

1. Определить существенные цели, достижение которых необходимо, чтобы проект удовлетворял заказчика.

2. Определить внешние факторы, которые могли бы помешать достижению хотя бы одной из существующих целей.

3. Установить критерии, позволяющие судить о приемлемости проектных решений.

4. Разработать методику испытаний по каждому из критериев.

*Некумулятивные этапы:*

5. Собрать обширное множество альтернативных частных решений для каждого существенного критерия и подготовить грубые модели для экстремальных решений.

6. Провести всю последовательность испытаний на этих моделях, отбраковывая после каждого испытания не выдержавшие его модели, пока не обнаружатся явные признаки сходимости к одному комплексу решений.

7. Разрешить внутренние противоречия конструкции.

8. Остановится на одном эскизном решении, удовлетворяющем всем существенным критериям и переходить к детализовке и уточнениям.

Данный метод хорошо подходит для подобных установок, так как позволяет учитывать все возможные варианты и их недостатки, позволяя совместить эстетическую и техническую функции, в соответствии с рисунком 8 представленным ниже [6].

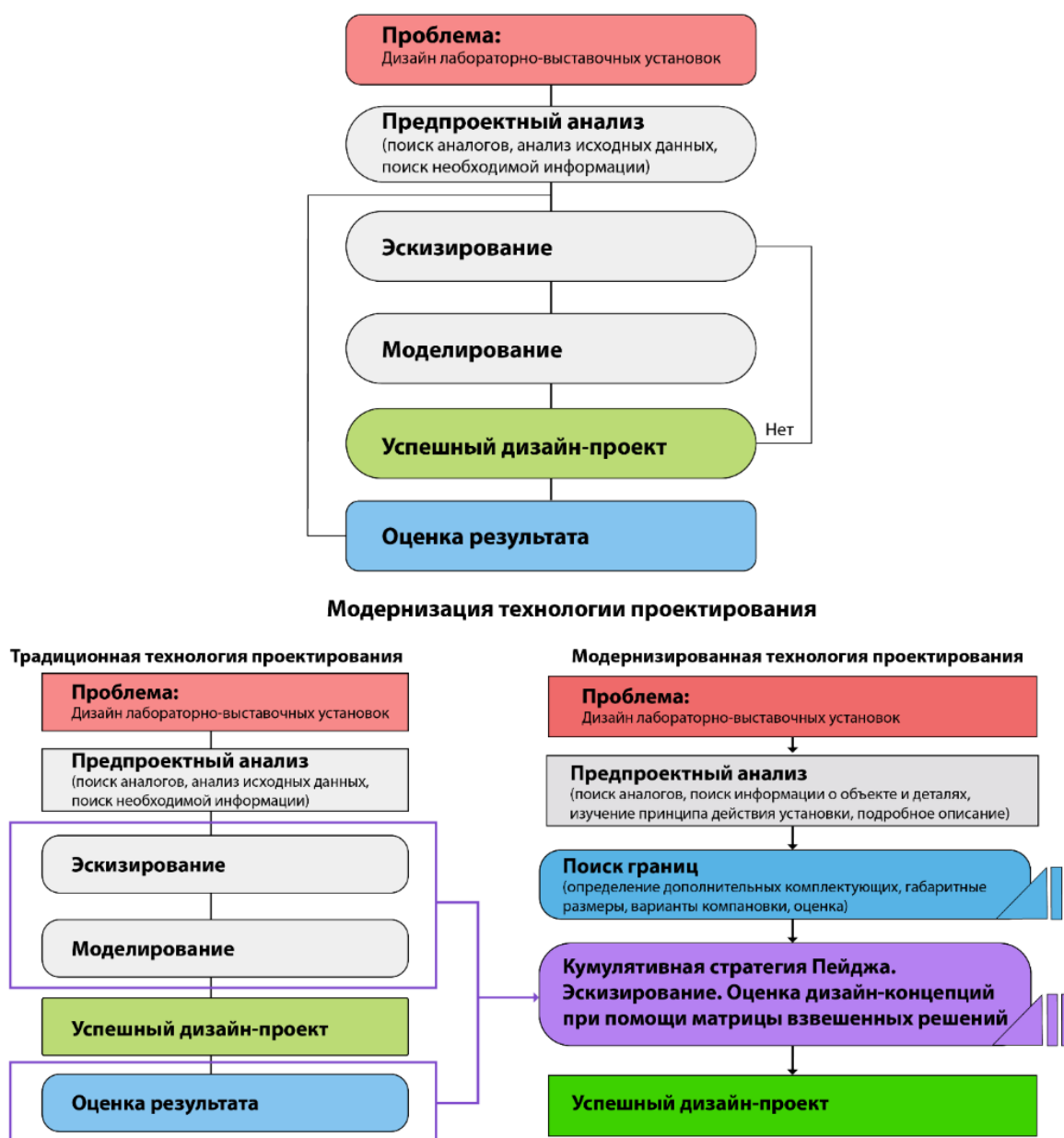


Рисунок 3.1. Технология создания лабораторно-выставочной установки

### **3.3. Создание дизайн-концепции установки по получению карбида кремния по модернизированной технологии проектирования**

#### **3.3.1. Проблема проектирования**

Как уже было описано ранее задача (проблема) проектирования заключается в создании лабораторно-выставочной установки, в данном примере рассматривается установка по получению карбида кремния. Необходимо учитывать особенности данного типа оборудования, а также возможности изготовления деталей.

#### **3.3.2. Предпроектный анализ**

В главе 1, уже был проведен предпроектный анализ для применения инженерного метода проектирования. В нем рассматривались имеющиеся установки по получению карбида кремния, в данном разделе будут рассмотрены аналоги внутренних частей установки, а также подобраны сварочный инвертер и осциллограф для объединения их в силовой блок установки.

В зависимости от режима работы можно выделить 3 типа сварочных инверторов:

- аппараты для ручной дуговой сварки (ММА);
- полуавтоматы (MIG/MAG);
- аппараты для аргоновой сварки (TIG).

Для лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния необходим аппарат для ручной дуговой сварки. Основываясь на отзывах и оценках потребителей, был сформирован топ-3 сварочных инвертора, это:

- FUBAG IR 200;
- Сварог ARC 205 (J96);
- Ресанта САИ-220.

Изучив основные технические характеристики (как показано на рисунке 3.2.) и стоимость, для использования в составе установки был выбран инвертор марки FUBAG, но с максимальным током равным 160А. Это связано с тем, что мощности данного аппарата достаточно и стоимость устраивала заказчика [47].




ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	IR 140	IR 160	IR 180	IR 200	IR 220
					
Напряжение питания, В	220	220	220	220	220
Диапазон сварочного тока, А	5 – 140	5 – 160	5 – 180	5 – 200	6 – 220
Потребляемый ток, А	12,5	15,0	15,7	15,8	15,9
Ток при продолжительности включения X% и t=20° С, А	140 (40 %)	160 (40 %)	180 (40 %)	200 (40 %)	220 (40 %)
ПВ на макс сварочном токе, %	25	25	20	15	15
Сварочный ток при ПВ 60%, А	70	80	81	82	85
Диаметр электрода, мм	1,6 – 3,2	1,6 – 4,0	1,6 – 4,0	1,6 – 5,0	1,6 – 5,0
Габаритные размеры, мм	340 x 120 x 240	340 x 120 x 240	340 x 120 x 240	340 x 120 x 240	340 x 120 x 240
Вес аппарата, кг	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64
Кабель с электрододержателем, м	13 мм <sup>2</sup> x 2,0	13 мм <sup>2</sup> x 2,0	13 мм <sup>2</sup> x 2,0	13 мм <sup>2</sup> x 2,0	13 мм <sup>2</sup> x 2,0
Кабель зажима заземления, м	13 мм <sup>2</sup> x 1,6	13 мм <sup>2</sup> x 1,6	16 мм <sup>2</sup> x 1,6	25 мм <sup>2</sup> x 1,6	25 мм <sup>2</sup> x 1,6

Рисунок 3.2. Технические характеристики сварочных инверторов марки FUBAG

Еще один немаловажный плюс данной линейки сварочных аппаратов заключается в едином габаритном размере, в случае необходимости замены инвертора на более мощный, изменение габаритных размеров силового блока не потребуется.

Материалы используемые для изготовления корпуса сварочных аппаратов – пластик и алюминий, в некоторых случаях только из алюминия.

Рассматривая доступные способы изготовления деталей для корпуса была выбрана 3D печать, в силу доступности, дороговизны других методов изготовления деталей для единичного экземпляра установки. Кроме того,



изготовление металлических частей установки также является доступным, и может быть выполнено как практическое задание в рамках обучения студентов.

Подходя к поиску аналогов осциллографа для измерения амплитудных и временных параметров электрического сигнала, также стоит начать с классификации оборудования по его назначению. Осциллографы также делятся на три типа, а именно:

- реального времени (аналоговый);
- запоминающий осциллограф, бывает аналоговой и цифровой (storage oscilloscope);
- стробирующий осциллограф (sampling oscilloscope).

В данном случае применяется аналоговый осциллограф, который позволяет осуществлять сбор данных о динамике параметров процесса синтеза карбида кремния в интерактивном режиме их анализировать. Был проведен поиск и анализ популярных моделей, цены, характеристик оборудования, удовлетворяющих инженера-исследователя. При разработке лабораторной установки важным аспектом является мобильность, легкость и транспортируемость, что достигается за счет замены настольного осциллографа на USB-осциллограф, который при заданных условиях обладает рядом преимуществ. В таблице 3.1 показана сравнительная характеристика настольного осциллографа и его USB- аналога (на примере известных моделей фирм Rigol и Hantek, представленных на рисунке 3.3.) [48].

Таблица 3.1. Характеристики настольного и USB- осциллографов

Тип осциллографа	Кол-во каналов	Пропускная способность, МГц	Масса, кг	Габариты, мм	Средняя цена, руб
Настольный осциллограф Rigol	2	50	2,4	303x154x133	28800
USB осциллограф Hantek	2	20	0,4	205x120x35	5000



Рисунок 3.3. Настольный осциллограф Rigol и USB осциллограф Hantek

Несмотря на меньшую пропускную способность USB-осциллографа, он обладает достаточным диапазоном измерений, таким образом оптимизируя комплектность установки, и позволяет реализовать модульность и транспортируемость.

Рассматривая вопрос комплектации установки для получения карбида кремния электродуговым методом, по совокупности рассмотренных данных, можно применить компактную USB-приставку. Такое решение обеспечивает работоспособность системы, при ее минимальном весе и размере, а также с наименьшей стоимостью.

Изучив основные компоненты известные на момент проектирования, необходимо перейти на этап изучения технологии работы установки, для описания и формирования модулей, а также крепления внутренних деталей.

Изучив технологический процесс синтеза карбида кремния был сформулирован перечень задач:

- Закомпоновать и спроектировать силовой блок установки (выявить оптимальное расположение осциллографа и сварочного инвертора в корпус, с учетом возможного крепления дополнительных шунтов и различных клемм и датчиков).
- Рассмотреть возможные варианты автоматизации процесса замыкания электродуговой цепи.

- Предусмотреть варианты замены и расположения держателей для катода и анода.
- Организовать реакторную зону, с учетом работы установки без применения защитного оборудования в виде сварочной маски.
- Габаритные размеры реакторной зоны с учетом расположения и крепления температурных датчиков, фотофиксации и других дополнительных деталей.
- Оценить удобство открытого или закрытого соединения модулей установки.

### **3.3.3. Поиск границ**

Переходя к этапу поиска границ, описанного во второй главе, необходимо составить описание всех необходимых технических требований, которыми определяется искомый размер и определить интервал неопределенности как можно точнее [6].

Для оценки габаритных размеров и компоновки внутренних деталей применяется метод взвешенных решений. Матрица взвешенных решений используется в качестве средства сравнения нескольких альтернатив путем их расстановки в соответствии с приоритетами на базе перечня заданных критериев.

Метод можно разделить на следующие этапы:

- Перечень альтернатив (для выбора подходящих решений необходимо рассмотреть несколько вариантов, на данном этапе рассматриваются варианты компоновки внутренних деталей для определения габаритных размеров и особенностей соединения).
- Определение перечня критериев для сравнения (во внимание берутся технические, эргономические, эстетические требования).
- Составление матрицы решений (таблицы).

- Определение весовых коэффициентов (в зависимости от случая вес может накладываться на критерий или на оценку экспертов в зависимости от уровня и области компетенций).
- Сбор информации и оценка альтернатив (каждый из предложенных вариантов оценивается по критериям).
- Расчет и выделение суммарных взвешенных оценок.
- Анализ полученных результатов.

Применение данного метода способствует отсеиванию неудачных идей дизайн-решений еще до этапа эскизирования, кроме того он позволяет провести реальную оценку преимуществ и недостатков объекта, исключая субъективную предрасположенность проектировщика к тому или иному варианту [49,50].

Установку можно разделить на 3 блока: силовой блок, реактор, регистрационный блок, представляющий из себя ПК(ноутбук).

Силовой блок состоящий из сварочного инвертора и осциллографа в дальнейшем может быть дополнительно укомплектован шунтами и делителями, габаритные размеры которых являются незначительными, как показано на рисунке 3.5.

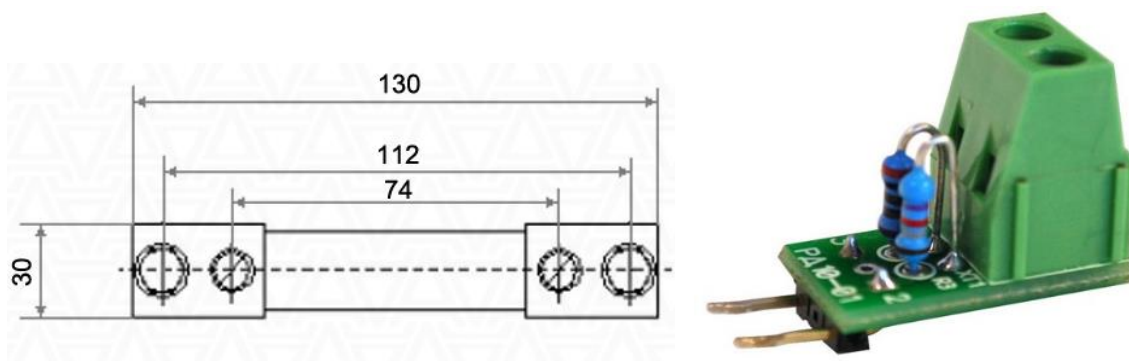


Рисунок 3.5. Шунт и делитель

Было рассмотрено три варианта компоновки сварочного аппарата и осциллографа – снизу, сбоку, спереди (варианты компоновки силового блока представлены в таблице 3.2). Для оценки вариантов были выдвинуты следующие критерии:

- перенос клемм (незначительный перенос возможен при помощи переходников, другие варианты требуют изменения внутренней конструкции деталей, что является неприемлемым);

- достаточное пространство для вариаций (возможное размещение делителей, шунтов или других деталей, требующихся для видоизменения или улучшения технологии синтеза);

- весовое соотношение конструкции (незначительный вес конструкции, получаемый в силу замены настольного осциллографа на USB, изменение материала конструкции не должно повлиять на весовое соотношение установки и деформации в процессе использования);





- вентиляция внутренних элементов сварочного инвертора (исходный объект имеет достаточное количество вентиляционных отверстий, в измененном корпусе данный аспект должен сохраниться, так как это важно для технических характеристик объекта и его исправной работы);

- габаритные размеры (несмотря на вариативность внутренней конструкции, габаритные размеры не должны значительно превышать имеющиеся показатели).

Матрица вариативности представляет собой оценку качественных свойств силового блока установки в зависимости от расположения осциллографа и сварочного инвертора, в которой 0 – несоблюдение критерия, 1 – удовлетворение критерию. Было рассмотрено 4 варианта компоновки силового блока:

- осциллограф спереди сварочного аппарата;
- осциллограф снизу сварочного инвертора;
- осциллограф сбоку на ребре;
- осциллограф сбоку.

Таблица 3.2. Матрица вариативности силового блока

	Перенос клемм	Достаточно пространства для вариаций	Весовое соотношение конструкции	Вентиляция внутренних элементов сварочного инвертора	Габаритные размеры	Взвешенная оценка
Весовой коэф.	0,75	1	1	0,85	0,75	
	0	0	1	0	1	0,35
	1	1	0	1	1	0,67
	1	1	1	1	1	0,87
	1	1	0	1	0	0,52

Габаритные размеры деталей незначительны и при боковом расположении осциллографа внутри корпуса остается свободное пространство, кроме того, при боковом расположении осциллографа габариты установки увеличиваются незначительно, а изменение внутренней конструкции инвертора будет минимально. Таким образом, габаритные размеры силового блока могут иметь размеры  $340 \times (170-190) \times (240-260)$  мм.

Реакторная зона представляет собой привод, на тележке которого закреплен держатель анода, держатель катода, щупы соединяющие силовой и реакторный блоки, управление приводом, дополнительно к установке могут быть прикреплены датчики. Так, например, фотоэлектрические датчики имеют габаритные размеры в пределах  $29 \times 16 \times 60$  мм, как показано на рисунке 3.6 [51].



Рисунок 3.6. Фотоэлектрические датчики

Кроме фотоэлектрических датчиков, в реакторную зону может быть помещен датчик измерения температур (пирометр), который в среднем имеет габаритные размеры  $101 \times 43 \times 160$  мм, как показано на рисунке 3.7 [52].



Рисунок 3.7. Пирометр

Крепление пирометра может быть предусмотрено в дальнейшем как внутри реакторной зоны, так и за ее пределами, кроме того, он может быть не присоединен к конструкции установки, а использоваться отдельно. Предусматривая расположение внутри установки необходимо заложить

дополнительные 8-10см ширины реакторной зоны. Варианты устройства реакторного блока рассмотрены в таблице 3.3.

Оценка вариантов устройства реакторного блока проходила по следующим критериям:

- возможность замены деталей;
- свободный доступ к деталям и управлению (расположение элементов управления внутри реакторного блока неприемлемо);
- легкость транспортировки и сборки (сборка реакторной зоны не должна быть ограничена пространством или недоступностью соединения деталей);
- целостность образа (в сочетании с силовым блоком и соединительными деталями установка должна иметь целостный и законченный образ);
- уменьшение повреждаемости соединительных проводов;
- свободное пространство для вариаций.

Матрица вариативности представляет собой оценку качественных свойств установки с рассматриваемыми допущениями, где 1 – соответствие свойству, 0 – несоответствие, (-) – отсутствие влияние критерия на вариант.

Таблица 3.3. Матрица вариативности реакторного блока

	Возможность замены детали	Свободный доступ к деталям и управлению	Легкость транспортировки и сборки	Целостность образа	Уменьшение повреждаемости соединительных проводов	Свободное пространство для вариаций	Взвешенная оценка
Весовой коэф.	1	1	1	0,75	0,85	0,85	



Крепление пирометра внутри реакторного блока	1	0	1	-	-	0	0,5
Крепление пирометра вне реакторного блока	1	1	1	-	-	1	0,96
Открытый тип соединения блоков	1	1	0	0	0	1	0,475
Закрытый тип соединения блоков	1	1	1	1	1	1	5,45
Дополнительный модуль	1	1	1	1	1	1	5,45

Таким образом, проанализировав результаты таблицы 3, на этапе эскизирования будут рассмотрены два варианта соединения модулей между собой:

- закрытый тип (расположение соединительных проводов внутри модулей, следовательно незначительное увеличение габаритных размеров каждого блока);
- дополнительный модуль, скрывающий соединительные провода и имеющий выходы для подсоединения к модулям.

Учитывая габаритные размеры привода, держателя для катода, реакторная зона должна иметь габариты в пределах от 200×300×360мм до 320×340×420мм.

Проанализировав таблицы вариативности силового блока и реактора были намечены границы габаритных размеров модулей, а также особенности соединения деталей внутри корпуса.

#### **3.3.4. Концепции. Кумулятивная стратегия Пейджа**

Подробное описание критериев и особенностей проектирования, позволит решить проблему возникновения цикличности в технологии проектирования. Соединение метода поиска границ и кумулятивной стратегии Пейджа не случайны, так как именно совместное применение данных методов,

позволяет более полно описать проектную ситуацию, а также сократить временные затраты дизайнера. Описательный процесс проведенный на этапах предпроектного анализа и поиска границ является существенной базой для определения критериев оценивания эскизных вариантов.

На этапе поиска границ, было рассмотрено 7 возможных решений, но возможны также их комбинации, кроме того в процессе уже были найдены решения, применение которых является неприемлемым, так как не удовлетворяет сразу нескольким критериям.

Изучив все особенности и предпочтения инженера-исследователя, а также дополнительные проблемы, возможные в ходе работы с установкой были сформулированы критерии оценки эскизных вариантов, представленные в таблице 3.4. Опираясь на предложенные критерии будет произведена оценка дизайн-концепций установки, основываясь на мнении нескольких экспертов в зависимости от области их компетенций [6].

Таблица 3.4. Критерии оценки эскизных вариантов

Критерий	Характеристика
Внешний вид, презентабельность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Единый стиль</li> <li>• Эстетичность</li> </ul>
Вариативность конструкции	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Допустимые габариты</li> <li>• Возможность изменения габаритов (заменяемость, расширяемость деталей корпуса)</li> </ul>
Транспортируемость	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Съёмность блоков и креплений</li> <li>• Наличие держателей</li> <li>• Легкость</li> </ul>
Простота сборки	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Удобство креплений деталей и модулей</li> <li>• Доступность и досягаемость всех необходимых деталей установки</li> </ul>
Материалы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Доступность материалов</li> <li>• Экологичность</li> <li>• Логичность использования</li> </ul>

Доступность изготовления деталей	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Материалы пригодные для 3D печати, резки в рамках учебных корпусов университета</li> </ul>
Целостность, удобство использования	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Согласованность модулей</li> <li>• Удобство взаимодействия с ними</li> </ul>
Финансовые затраты на установку	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Затраты на материалы, комплектующие, изготовление деталей</li> </ul>

К оцениванию было представлено 7 концепций, представленных на рисунке 3.8. Одна из концепций разработана во 2 главе данной ВКР по традиционной технологии проектирования и также включена в матрицу взвешенных решений.

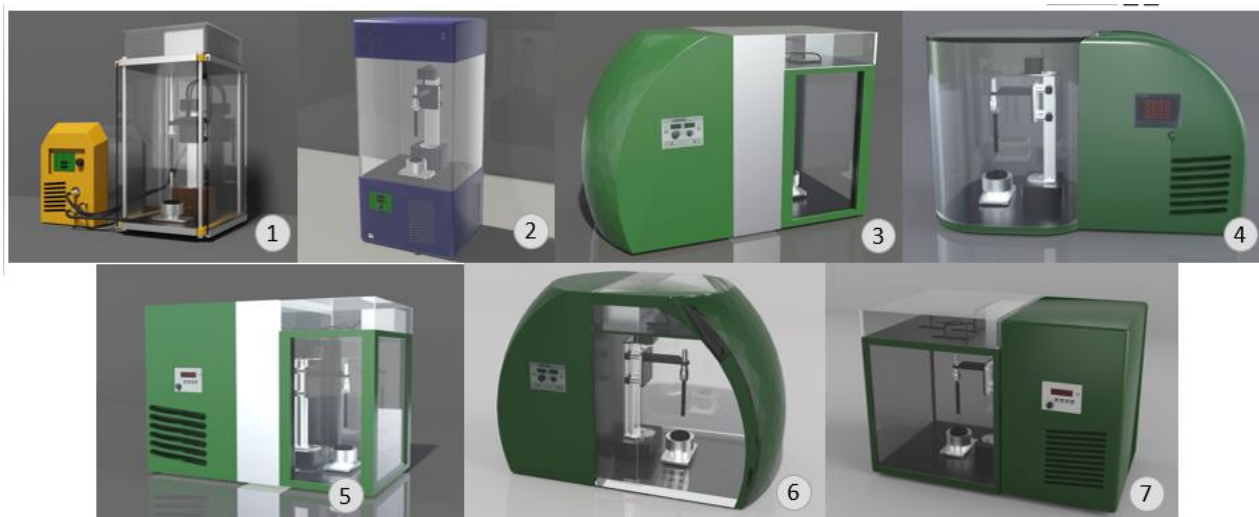


Рисунок 3.8. Дизайн-концепции лабораторно-выставочной установки

Оценка вариантов была проведена 3 экспертами и представлена в виде таблицы взвешенных оценок, которая позволит, принять решение о наилучшем варианте, удовлетворяющем всем критериям, при этом учитывая компетентность эксперта в той или иной области. Результаты можно пронаблюдать в таблице 3.5.

Концепция 2, получила самые высокие оценки, по всем показателям кроме финансовых затрат на изготовление. Проанализировав критерий финансовых затрат можно выбрать 4 концепции из решений разработанных по

модернизированной технологии, с наилучшими оценками, представленных на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9. Дизайн концепции 2,3,5,7

Такие показатели, преимущественно, связаны с простотой конструкции, более «квадратные» детали, без особых скруглений, неровностей более просты в изготовлении и креплении.

Несмотря на более высокую стоимость изготовления по сравнению с инженерным вариантом, концепция 2, представленная на рисунке 3.10. соответствует всем предъявляемым критериям.



Рисунок 3.10. Дизайн-концепция 2

Таблица 3.5. Матрица взвешенных решений по представленным дизайн-концепциям

Вариант \ Критерий	Внешний вид, презентабельность			Вариативность конструкции			Транспортируемость			Простота сборки			Материалы			Доступность изготовления деталей			Целостность, удобство использования			Финансовые затраты на установку			Взвешенная оценка
<i>коэф</i>	0,5	0,75	1	1	0,75	0,75	1	1	1	1	0,75	0,5	1	0,75	1	1	1	1	0,9	0,75	0,7	0,7	1	0,8	
1	3	3	1	3	4	2	5	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	5	4	3	1	5	5	5	3,48
2	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	3	4,05
3	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	3	4	5	5	4	3	3	3,52
4	4	5	3	4	2	3	4	5	3	4	3	5	4	5	4	4	3	5	4	5	3	4	3	3	3,28
5	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	3,64
6	4	4	4	3	4	4	3	5	3	3	5	4	3	5	5	3	4	3	3	4	5	3	3	3	3,18
7	5	4	3	3	4	4	3	5	4	3	5	4	3	5	5	3	5	4	3	5	5	3	4	4	3,39

### 3.4. Сравнительный анализ дизайн-концепций полученных традиционной и модернизированной технологией проектирования

Подводя итоги разработки и выбора дизайн-решения лабораторно-выставочной установки стоит отметить что было рассмотрено множество вариаций компоновки внутренних деталей объектов, а также крепление модулей между собой.

В таблице 3.6 представлен сравнительный анализ взвешенных оценок полученных решений. Из предложенных 8 критериев дизайн-концепция разработанная по модернизированной технологии уступает инженерному варианту по двум позициям: доступность изготовления деталей и финансовые затраты на изготовление. Однако более презентабельный вид может способствовать увеличению внимания к установке и идеи, а также возможность увеличения финансирования.

Таблица 3.6. Сравнительная таблица взвешенных оценок.

		
Внешний вид, презентабельность	1,58	3,75
Вариативность конструкции	2,5	3,4
Транспортируемость	5	5
Простота сборки	3,5	3,75
Материалы	3,92	4,58
Доступность изготовления деталей	5	4,66
Целостность, удобство использования	2,93	3,91
Финансовые затраты на установку	4,16	3,3
Взвешенная оценка	3,48	4,08

## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение**

### **4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Прежде чем приступать к планированию работы, определению ресурсного и экономического потенциала дизайн-разработки оболочки лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния, следует уделить особое внимание оценки коммерческого потенциала и перспективности новой разработки в целом, дать характеристику и определить сегмент рынка [53].

#### ***4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования***

Лабораторно-выставочные установки являются одним из главных показателей научных открытий и изменений, демонстрация данного оборудования на выставках, конференциях способствует финансированию в научные направления, а также помогает при переходе в промышленный сектор.

Потребителями являются научные, учебные и выставочные центры занимающиеся изучением и синтезом различных материалов.

Кроме того, лабораторно-выставочная установка в дальнейшем может быть интересна в рамках промышленного производства, так как после детального изучения разработанной учеными ТПУ технологии синтеза, апробации всех необходимых результатов, логичным становится увеличение масштабов производства карбида кремния и переводе научного исследования в промышленное производство.

Следовательно, основными сегментами рынка, на которое стоит ориентироваться, это не только научные, учебные и выставочные центры и лаборатории, но и промышленные предприятия занимающиеся производством карбида кремния.

#### ***4.1.2. SWOT – анализ***

Существует множество методов, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения проектирования и доработки результатов. Разработку проекта лабораторно-выставочной установки следует проанализировать с её конкурентно технической стороны. Данный анализ позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Для разработки технологии проектирования лабораторно-выставочной установки, отлично подойдет SWOT- анализ, так как SWOT анализ – это он позволяет проанализировать сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы. В силу того, что дизайн лабораторно-выставочной установки был проведен традиционным методом с использованием технологий инженерного проектирования, как показано на рисунке 4.1, он обладает рядом недостатков, которые необходимо выявить и учесть при разработке новой технологии проектирования.



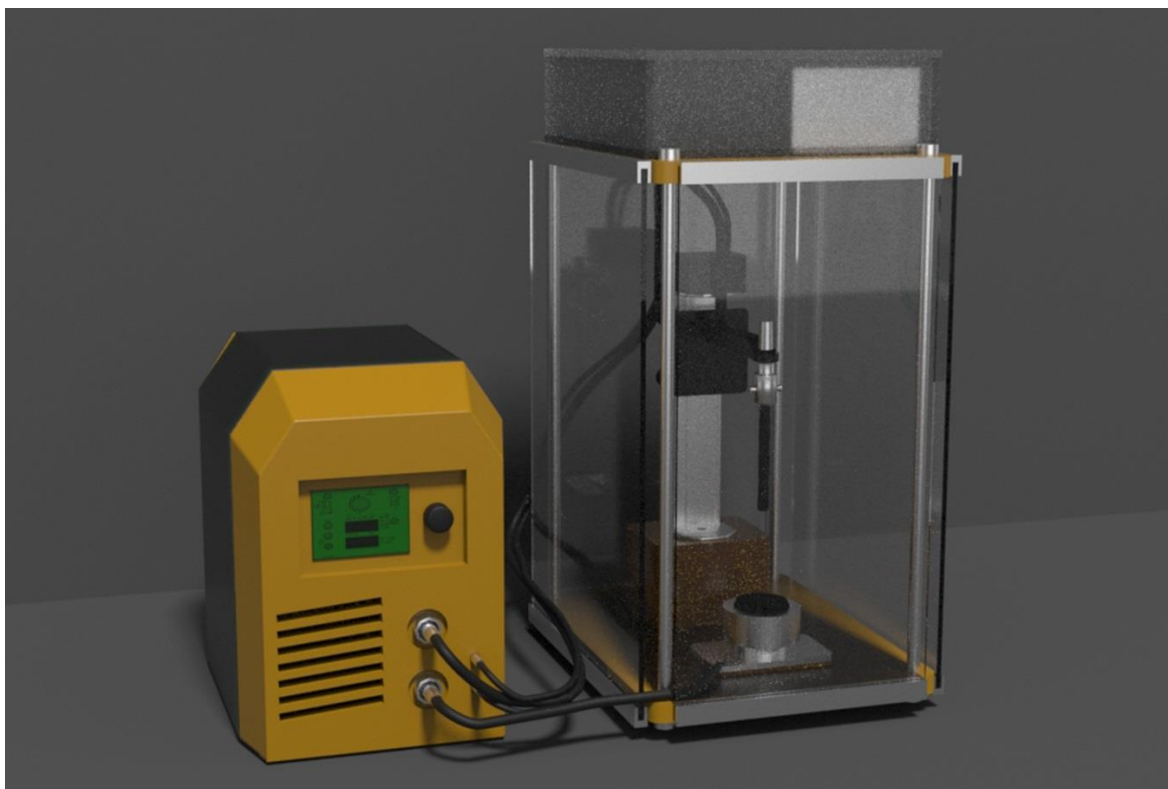


Рисунок 4.1 Дизайн лабораторно-выставочной установки инженерными методами проектирования

В таблице 4.1 были рассмотрены сильные и слабые стороны дизайна полученного инженерными методами проектирования, причем расстановка ключевых факторов была поставлена по важности для проекта.

Таблица 4.1. Сильные и слабые стороны

	Сильные стороны	Слабые стороны
Ключевые факторы	Хорошо	Стоит доработать
Внешний вид устройства		+
Вариативность		+
Технологичность		+
Функциональность	+	
Эргономика		+
Стоимость установки	+	
Безопасность	+	

Двумя следующими факторами оценки технологии являются Возможности и Угрозы. В данном случае будут рассматриваться возможности

изменения дизайна или функционала устройства в дальнейшем, после презентаций и выставок.

Возможности представляют собой благоприятные факторы внешней среды, которые могут влиять на рост в будущем. В случае с лабораторно-выставочной установкой по получению карбида кремния, возможностью может являться дальнейшее развитие технологии и применение ее в промышленном производстве. Кроме того, в случае удачного и эргономичного дизайна, возможно применение установки для синтеза других материалов при помощи лежащей в основе технологии.

Угрозы являются негативными факторами внешней среды, которые могут ослабить конкурентоспособность устройства на рынке в будущем. Каждая угроза должна быть оценена с точки зрения вероятности возникновения в краткосрочном периоде, с точки зрения возможных потерь. Против каждой угрозы должны быть предложены решения для их минимизации.

Таблица 4.2. Угрозы

Угроза	Вероятность	Решение
Вариативность установки (добавление или изменение деталей установки для проведения дополнительных измерений)	Большая (негативно скажется на экономической составляющей проекта)	Необходимо предусмотреть возможность расширения или изменения внутренних элементов установки
Изготовление деталей установки	Средняя (негативно скажется на экономической составляющей проекта)	Простота дизайн решения и правильное моделирование деталей, позволит избежать технически сложных для печати элементов.
Непрезентабельный вид, несоответствие технологическим особенностям	Средняя (негативно скажется на эстетической и	Разработка новой технологии проектирования, основанная на

	экономической составляющей проекта)	подробном описании критериев предъявляемых к установке
Безопасность	Низкая	Учет ГОСТов и стандартов при проектировании

Подводя итоги SWOT-анализа стоит отметить важность синтеза эстетической и технологической составляющей при разработке лабораторно-выставочных установок, так как это являются определяющими критериями для работы и презентации новой технологии синтеза карбида кремния. Возможность и основная угроза лежащая в основе проектирования данного оборудования является вариативность внутреннего пространства [53,54].

#### 4.2. Инициация исследования

Прежде чем приступать к организационной деятельности проекта, необходимо понимать признаки проекта: цель, сроки, ресурсы и результат.

**Цель проекта:** Разработка технологии проектирования лабораторно-выставочных установок, на примере установки по получению карбида кремния. Создание дизайн-решений (моделей) лабораторно-выставочной установки.

Для решения поставленной задачи были выделены следующие **задачи**:

- разработка концепции лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния инженерным методом проектирования;
- выявление недостатков традиционной технологии проектирования;
- модернизация традиционной технологии проектирования;
- разработка и оценка концепции при помощи модернизированной технологии проектирования.

Заинтересованные стороны в выполнение проекта, а также их ожидания по проекту указаны в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидание заинтересованной стороны проекта</b>
Инженер-исследователь (заказчик)	Технический проект (модель) лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния
Студент магистрант (исполнитель)	Написание ВКР, дизайн-решения лабораторно-выставочной установки.

Кроме того, необходимо представить иерархию целей проекта и критерии достижения.

Таблица 4.4.Цели и результаты проекта

<b>Цели проекта</b>	Создание технологии проектирования лабораторно-выставочных установок
<b>Ожидаемые результаты проекта</b>	Технология проектирования, дизайн-решение (модель) лабораторно-выставочной установки
<b>Критерии приемки результата проекта</b>	Технический проект (модель) лабораторно-выставочной установки
<b>Требование к результату проекта</b>	<b>Требование</b>
	Эффективная технология проектирования
	Технический проект лабораторно-выставочной установки соответствующий критериям инженера-исследователя(заказчика) и нормам безопасности

### **4.3. Организация и планирование работы по разработке дизайн-проекта**

Для разработки технологии проектирования дизайна лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния было задействовано два человека: руководитель проекта и исполнитель. Руководитель выполняет постановку задачи, курирует ход работ и дает необходимые консультации при разработке проекта. Исполнитель отвечает за разработку дизайна внешнего вида устройства, его оболочки, функционала, технологичности, за визуальную подачу дизайн-разработки.

#### ***4.3.1. Структура работ в рамках дизайн-проекта***

Структура работ и их график исполнения определялась в соответствии с планом назначенным руководителем. Основными этапами разработки дизайна оболочки были: создание концепта и вариантов решения, 3D-моделирование, программирование визуальной тестовой среды, создание чертежей, прототипирование моделей. Самым продолжительным по времени оказался этап компьютерного объёмного моделирования, так как именно в нём проводилась корректирующая работа основных частей и элементов прибора, все остальные этапы напрямую зависели от его результатов. Подробная информация об этапах работы, приведена в таблице.

Таблица 4.5. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

<b>Основные этапы</b>	<b>№ раб</b>	<b>Содержание работ</b>	<b>Исполнитель</b>
Составление технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления проектирования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Анализ существующих аналогов	Студент

	4	Эскизирование	Студент
	5	Инженерное моделирование	Студент
	6	Выявление недостатков	Научный руководитель, студент
Модернизация технологии проектирования	7	Анализ и подбор альтернативных методов	Научный руководитель, студент
	8	Поиск аналогов, подбор деталей	Студент
	9	Эскизирование	Студент
	10	Оценка предложенных вариантов	Научный руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	12	Определение целесообразности ОКР	Научный руководитель, студент
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	13	Разработка графического материала	Студент
	14	3D-визуализация	Студент
	15	Оформление чертежей	Студент
	16	Оформление планшето, альбома, презентаций	Студент
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	17	Составление пояснительной записки	Научный руководитель, студент
	18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение	Научный руководитель, студент
	19	Социальная ответственность	Научный руководитель, студент

#### ***4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика проведения проектной работы***

Чтобы составить ленточный график проведения проектных работ (на основе диаграммы Ганта), сначала следует составить таблицу временных

показателей проведения проектной работы.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [55].

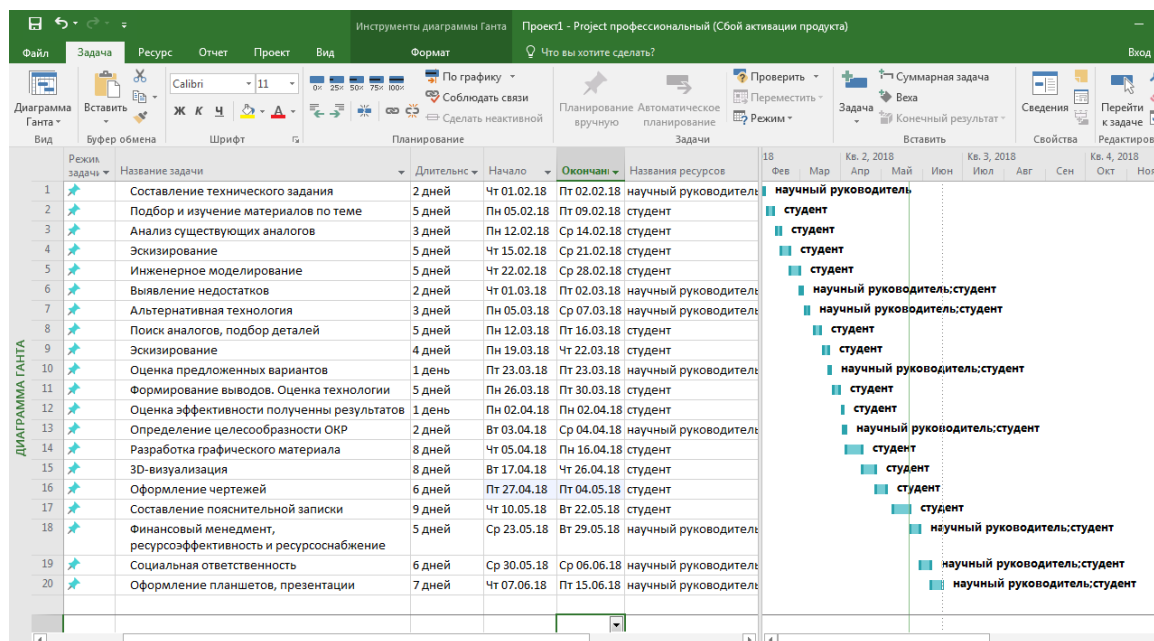


Рисунок 4.2 Диаграмма Ганта временных показателей проведения научного исследования

#### 4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- 1) материальные затраты НТИ;
- 2) заработная плата исполнителей темы,
- 3) расходы на социальный налог;
- 4) накладные расходы.

#### **4.4.1. Расчет материальных затрат**

Данная статья включает расходы на приобретение и доставку основных и вспомогательных материалов, необходимых для опытно-экспериментальной проработки решения. Сюда включается стоимость материалов необходимых для оформления требуемой документации для проекта (ватман, канцелярские товары, картриджи, дискеты и т.д.).

Таблица 4.6. Стоимость материалов для разработки проекта

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы
Интернет	5 месяцев	350	1750
Печать пояснительной записки	3×125страниц	2,5	937,5
Печать планшетов А0	2 штуки	1490	2980
Бумага А4	1 упаковка	200	200
Диск	2 штуки	20	40
Итого:			<b>5907,5</b>

#### **4.4.2. Расчет заработной платы**

В этой статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки. Величина оклада определяется уставом Томского политехнического университета, в зависимости от квалификации специалиста. Месячный оклад студента (лаборанта) – 9489руб., месячный оклад профессора имеющего докторскую степень составляет – 47104руб. (Все расчеты проведены без учета районного коэффициента)

Размер основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один



рабочий день. Определяется по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \times T_p$$

где  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника,

$T_p$  – продолжительность работ (затраты труда), выполняемых работником,

$З_{\text{Пдн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

При расчете учитывается, что в году 247 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 20,583 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$  (при пятидневной рабочей недели);  $K_{\text{доп}} = 1,3$ .  $K_{\text{и}} = 1,1 \times 1,113 \times 1,3 = 1,62$ .

Произведение трудоемкости на сумму дневной заработной платы определяет затраты по зарплате для каждого работника на все время разработки. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7. Расчет заработной платы

Исполнитель	Оклад	Среднедневная зп (руб./дн.)	Трудоемкость, раб.дн.	Коэффициент	Фонд зп, руб.
Руководитель	47104	2288,5	26	1,62	93391,6
Студент	9489	461,01	90	1,62	67215,3
Итого					<b>163606,9</b>

#### **4.4.3. Расчет затрат на социальный налог**

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по

установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Отчисления во внебюджетный фонд составляет 30% от полной заработной платы по проекту:

$$C_{\text{соц.}} = 163606,9 \times 0,3 = \mathbf{49082,07 \text{ руб.}}$$

#### ***4.4.4. Расчет накладных расходов***

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 50%. Таким образом, наибольшие накладные расходы равны:

$$Z_{\text{накл}} = (49082,07 + 163606,9 + 5907,5) \times 0,5 = \mathbf{109298,235 \text{ руб.}}$$

#### ***4.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта***

Рассчитанная величина затрат научно-технического исследования является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 4.8. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	5907,5
2. Затраты по заработной плате	163606,9
3. Социальные отчисления	49082,07
4. Накладные расходы	109298,235
5. Бюджет затрат НТИ	<b>327894,705</b>

Проведя все необходимые расчеты можно прийти к выводу, что бюджет научно-технического исследования составляет 327894,705 руб.

#### 4.5. Определение эффективности исследования

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий, групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Нужно выявить критерии социальной эффективности, на которые влияет реализация научного проекта и оценить степень их влияния. Пример оценки социальной эффективности в таблице 4.9.

Таблица 4.9. Критерии социальной эффективности

До	После
Отсутствие оптимизированной технологии проектирования лабораторно-	Технология проектирования, основанная на описании критериев предъявляемых к установке, взвешенная оценка предлагаемых

выставочных установок с учетом их особенностей	комбинаций решений, сокращение временных затрат дизайнера на решение проектной задачи
Отсутствие оболочки лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния	<p>Разработаны дизайн-концепции лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния.</p> <p>Создан технический проект и передан заказчику для дальнейшего изготовления и представления (на различных выставках) технологии синтеза карбида кремния, разработанного учеными ТПУ.</p>

#### 4.6. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета средневзвешенной оценки вариантов решения по предложенным критериям. Варианты дизайн решений представлены на рисунке 4.3.

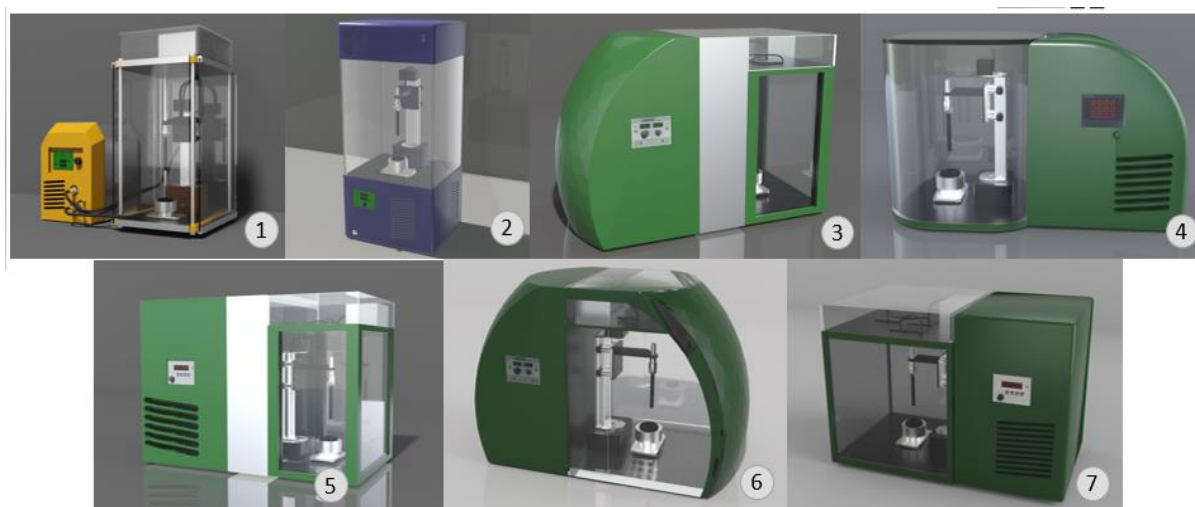




Рисунок 4.3. Дизайн-концепции лабораторно-выставочной установки

Оценка вариантов была проведена 3 экспертами и представлена в виде таблицы взвешенных оценок, которая позволит, принять решение о наилучшем варианте, удовлетворяющем всем критериям, при этом учитывая компетентность эксперта в той или иной области. Из рассматриваемых 6 концепций спроектированных по модернизированной технологии была выбрана 2 концепция, так как обладает наибольшими оценками. Результат сравнения концепций полученных инженерной технологией проектирования и модернизированной, можно пронаблюдать в таблице 4.10.

Из предложенных 8 критериев дизайн-концепция разработанная по модернизированной технологии уступает инженерному варианту по двум позициям: доступность изготовления деталей и финансовые затраты на изготовление. Однако более презентабельный вид может способствовать увеличению внимания к установке и идеи, а также возможность увеличения финансирования. Кроме того, были сокращены временные затраты на решение проектной задачи и учтены требования по вариативности установки.

Таблица 4.10. Сравнительная таблица взвешенных оценок.

		
Внешний вид, презентабельность	1,58	3,75
Вариативность конструкции	2,5	3,4
Транспортируемость	5	5
Простота сборки	3,5	3,75
Материалы	3,92	4,58

Доступность изготовления деталей	5	4,66
Целостность, удобство использования	2,93	3,91
Финансовые затраты на установку	4,16	3,3
Взвешенная оценка	3,48	4,08

### **Выводы:**

В рамках задания финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения были решены следующие задачи:

- 1) Проведен предпроектный анализ настоящего исследования;
- 2) Определена конкурентноспособность технических решений;
- 3) Определено планирование научно-исследовательской работы;
- 4) Разработан календарный план-график проведения ВКР,
- 5) Построена диаграмма Ганта,
- 6) Проведен расчет бюджета НТИ,
- 7) Проведена оценка сравнительной эффективности исследования

Помимо эффективности НТИ, метод помогает оптимизировать временные затраты на выполнение проекта, кроме того оценить приемлемость тех или иных материальных затрат на реализацию.

## **5. Социальная ответственность**

Целью ВКР является разработка технологии проектирования лабораторно-выставочных установок, в силу востребованности инновационных изменений и открытий в различных научных направлениях. В сфере материаловедения и материалопроизводства в последнее время наблюдается большой прорыв. Разрабатываются новые материалы, улучшаются уже имеющиеся, модернизируются методы получения. Демонстрация этих идей и развитие их до промышленных масштабов требует представления технологий на научных выставках, конференциях, для инвестиционных компаний. Зачастую лабораторно-выставочные установки на подобного рода мероприятиях представляют собой основные детали, без единого эстетичного, эргономичного и технически безопасного корпуса. Инженерные (традиционные) методы проектирования позволяют решить проблему технологичности и безопасности корпуса, но зачастую выглядят не презентабельно. Кроме того, особенность лабораторно-выставочных установок можно считать ее вариативность и неопределенность габаритных размеров, в силу того, что зачастую дополнительные детали, изменение имеющихся, происходит в процессе проведения новых экспериментов. Разрабатываемая технология позволит учесть особенности проектируемого оборудования и сделать его более целостным и презентабельным.

### **5.1. Производственная безопасность**

В данном разделе анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии для проектирования лабораторно-выставочных установок.

### 5.1.1. Опасные и вредные производственные факторы.

#### Классификация

Компьютерные технологии, являются неотъемлемой частью работы дизайнера-проектировщика. Именно поэтому большое внимание уделяется особенностям организации рабочего места, условиями производственной среды (освещение, шум, электромагнитные излучения, эргономические параметры рабочего места и окружения) дизайнера.

При проведении работ на персональном компьютере в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [56-65], в табл.1 приведены вредные и опасные факторы производственного процесса:

Таблица 1. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Рабочее место. Проектирование за ПК.	1. Повышение или понижение температуры рабочей зоны; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 3. Повышенная или пониженная влажность воздуха; 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений; 5. Отсутствие или недостаток естественного света; 6. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 7. Повышенная яркость света;	1. Электрический ток	1. Опасные и вредные производственные факторы – ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. 2. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты – ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. 3. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений – СанПиН 2.2.4.548-96. 4. Оборудование производственное. Общие требования безопасности – ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. 5. Электромагнитные излучения – ГОСТ 12.1.040-83 6. Освещенность – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.



	8. Прямая отраженная блескость.	и		7. Уровень шума – ГОСТ 12.1.003-83.
--	---------------------------------	---	--	-------------------------------------

## **5.2. Анализ рабочего места дизайнера при разработки технологии по проектированию лабораторно-выставочных установок**

Оборудованием является персональный компьютер, при помощи которого выполняется разработка дизайна лабораторно-выставочной установки по получению карбида кремния. Объектом исследования является рабочее место дизайнера ЭВМ. В рабочую зону входит: рабочий стол, кресло и персональный компьютер (ПК). Деятельность дизайнера можно классифицировать как механизированную форму физического труда в системе «человек - машина» по недетерминированному процессу. Тип дизайнерской деятельности – оператор-технолог. По медико-физиологической классификации тяжести и напряженности труда, работа оператора ПК в условиях рабочего помещения проектной организации относится к I-й категории – работа выполняется в оптимальных условиях труда при благоприятных нагрузках. Подкатегория работ – Ia, т.к. работа выполняется сидя и сопровождается незначительным физическим усилием.

Однако и в вышеописанных условиях присутствуют элементы производственной среды, формирующие негативные факторы. К этим элементам относится: электромагнитных полей (диапазон радиочастот: ВЧ, УВЧ и СВЧ), инфракрасного и ионизирующего излучений, шума и вибрации, статического электричества и др.

Опишем условия для создания нормальных условий труда, а также рассмотрим вредные факторы производственной среды и предложим средства защиты от них или меры по снижению их вредного воздействия до значений, допускаемых нормативно-правовыми актами субъектов РФ и государственными и международными стандартами.

### 5.2.1. Прямая и отраженная блескость

Окраска мебели и помещений должна создавать благоприятные условия для зрительного восприятия. Источники света (светильники и окна), отражающиеся от поверхности экрана, значительно ухудшают зрительное восприятие знаков и влекут за собой негативные последствия физиологического характера - зрительное напряжение. Отражения от ИС должны сводиться к минимуму, например, при помощи штор (ИС-окно). Отделка помещения выполнена в светлых тонах. Пол, поглощает избыточное отражение от других поверхностей. На рисунке 5.1 представлен коэффициент отражения поверхностей согласно СанПиН 23-102-2003.

Отражающая поверхность	Коэффициент отражения, %
Плоскость с белой поверхностью (побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами)	70
Плоскость со светлой поверхностью (побеленные стены при незанавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок)	50
Плоскость с серой поверхностью (бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями)	30
Плоскость с темной поверхностью (стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный неоштукатуренный кирпич; стены с темными обоями)	10

Рисунок 5.1. Коэффициент отражения поверхностей аудитории

### 5.2.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Важную роль при создании благоприятных условий труда, для работающих с ПК, в частности, играет правильная организация световой среды (а именно, обеспечение оптимальной концентрации естественного и

искусственного света). Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата (определяет зрительную работоспособность), на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 при работе за персональным компьютером и документацией допускается комбинирование освещения, т.е. помимо общеравномерного освещения, установка светильников местного освещения.

Местное освещение должно располагаться ниже или на уровне линии зрения работника так, чтобы не создавать бликов на поверхности экрана. Освещение должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить оптимальные соотношения яркости рабочих и окружающих поверхностей. Освещенность в зоне просмотра документов должна быть в диапазоне 300-500 лк, а при работе исключительно с экраном – 200 лк. Искусственное освещение располагается так, чтобы обеспечить хорошую видимость на мониторе компьютера. Важна отражающая блескность рабочих поверхностей (экран, стол, клавиатура и т.д.). Блескность уменьшается за счет правильно подобранных осветительных устройств и расположения рабочих мест по отношению к источникам искусственного и естественного освещения. Потолок так же является отражательной поверхностью, поэтому его яркость не должна превышать 200 кд/м<sup>2</sup>. Источником света при искусственном освещении являются люминесцентные лампы типа ЛБ нейтрально-белого или "теплого" белого цвета с индексом цветопередачи не менее 70.

Плоскостью нормирования КЕО (коэффициента естественной освещенности) для рабочих помещений, является горизонтальная рабочая плоскость с высотой 0,8 м над полом. КЕО при верхнем или комбинированном естественном освещении должен составлять 3%, при боковом освещении – 1%. Для совместного освещения эти параметры, соответственно, - 1,8 и 0,6 %.

Коэффициент пульсации освещенности (Кп) не должен превышать 15% (для искусственного освещения).

### **5.2.3. Отклонение показателей микроклимата**

Микроклимат различных производственных помещений зависит от колебаний внешних метеорологических условий, времени дня, года, особенностей производственного процесса и систем отопления и вентиляции. В зависимости от производственных условий, наибольшее влияние оказывают либо отдельные элементы микроклимата, либо их комплекс, которые могут вызывать изменения в терморегуляции организма и состоянии здоровья работающих.

Основная роль в теплообменных процессах у человека принадлежит физиологическим механизмам регуляции отдачи тепла. В обычных климатических условиях теплоотдача осуществляется в основном за счет излучения, примерно, 45% всей удаляемой организмом теплоты, конвекции (30%) и испарения (25%). В условиях повышенной температуры среды теплотери уменьшаются за счет конвекции и излучения, но увеличиваются за счет испарения. При температуре воздуха, равной температуре тела, теплоотдача за счет излучения и конвекции практически исчезает, и единственным путем теплоотдачи становится испарение пота. Низкая температура и усиление подвижности воздуха способствуют увеличению теплотери конвекцией и испарением. Значительная выраженность отдельных факторов микроклимата на производстве может быть причиной физиологических сдвигов в организме рабочих, а в ряде случаев возможно возникновение патологических состояний и профессиональных заболеваний.

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены

компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата.

Требования к микроклимату на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ, согласно, определяется согласно ГОСТ 12.1.005-88. Оптимальные и допустимые параметры микроклимата в соответствии с временем года и категорией работ, приведены в Таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %		Температура окружающих поверхностей, °С	Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая, не более		Оптимальная, не более	Допустимая
Холодный	Категория 1а	22-24	21-25	40-60	75	21-25	0,1	Не более 0,1
Теплый	Категория 1а	20-22	22-28	40-60	55 (при 28°С)	22-26	0,1	0,1...0,2

В зимнее время в помещении должна действовать система отопления, спроектированная и функционирующая согласно СНиП 41-01-2003. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения расход свежего воздуха, должен быть обеспечен согласно таблице 5.5.

Таблица 5.5 – нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м <sup>3</sup> /на одного человека в час
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30
20 - 40 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 20
Более 40 м <sup>3</sup> на человека	Естественная вентиляция

Для подачи в помещение воздуха должны использоваться системы механической вентиляции и кондиционирования, а также естественная вентиляция.

#### **5.2.4. Повышенный уровень шума на рабочем месте**

Шум является одним из наиболее распространенных в производстве факторов. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум является одним из часто встречающихся факторов внешней среды, которые пагубно воздействуют на организм человека. Действие шума разнообразно: от затруднения разборчивости речи, провоцирования снижения работоспособности, повышения утомляемости, до вызова необратимых изменений в органах слуха человека. Кроме органов слуха, шум оказывает свое воздействие на весь организм человека. Люди, работающие при постоянных шумовых эффектах, жалуются на головную боль, быструю утомляемость, бессонницу и сонливость, ослабляется внимание, ухудшается память.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных рабочих мест, является ГОСТ 12.1.003-80.

Согласно паспорта ПК уровень ее шумов не превышает 42 дБ, а нормы для проведения исследовательской работы с использованием ЭВМ – 50 дБ, что

соответствует требованиям СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96.

#### ***5.2.5. Повышенный уровень электромагнитных излучений***

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе за ПК на организм человека, наблюдаются нарушения сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем, характерны головная боль, утомляемость, ухудшение самочувствия, гипотония, изменение проводимости сердечной мышцы. А переход ЭМП в теплую энергию вызывает повышение температуры тела человека, локальный избирательный нагрев тканей, органов и клеток.

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 15 кВ/м (Санитарные нормы 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»). Для пользователей ПК допустимая напряжённость ЭСП определяется согласно ГОСТ Р 50948-2001 через электростатический потенциал экрана дисплея, который не должен превышать 500 В. При этом на расстоянии 0,5 м от экрана регистрируется напряжённость ЭСП 25 В/м, а в месте нахождения пользователя она значительно меньше.

Согласно ГОСТ 12.1.040-83 выделяют следующие средства защиты от ЭМП:

1. организационные мероприятия: рациональное использование оборудования, исключающее нахождение персонала в зоне действия ЭМП вовремя, не предусмотренное для работы за ПК;
2. инженерно-технические мероприятия: правильное размещение оборудования, предусматривающее наличие средств, ограничивающих распространение ЭМП на рабочие места сотрудников;

3. лечебно-профилактические мероприятия: периодические медицинские осмотры, для предупреждения, ранней диагностики и устранения заболеваний персонала;

4. средства индивидуальной защиты: очки для работы за компьютером.

### 5.3. Экологическая безопасность

Устаревшее оборудование в обязательном порядке подвержено утилизации. Утилизация осуществляется разборкой на фракции: металлы, пластмассы, провода, стекло. Переработка промышленных отходов производится на специальных полигонах, создаваемых в соответствии с требованиями СНиП 2.01.28-85 и предназначенных для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий, НИИ и учреждений.

В таблице 5.7 показаны основные материалы используемые для создание корпуса установки, а также их свойства и стандарты [65-68].

Материал, марка	Свойства	Стандартизация
АБС-пластик. Полиакрилаты содержат вредные вещества: - метилметакрилат - углерод оксида (класс пожарной опасности 4) - акрилонитрил - акрилакрилат - метилакрилат	Пластик с антитоксическими свойствами для деталей, используемых в машиностроении и ТНП. Обладает повышенной светостойкостью и термостойкостью. Разрешен Госкомсанэпиднадзором России для контакта с пищевыми продуктами.  Ударопрочный с повышенной теплостойкостью для изготовления конструкционных и	При нагреве свыше 220 °С происходит выделение в воздух паров акрилонитрила, цианистого водорода, стирола и оксида углерода. Температура воспламенения 285 – 370 °С (по Гост 12.1.044-89). Растворяется в сложных эфирах, кетонах, 1,2дихлорэтано, ацетоне .



- водород цианистый. 2020-60 и 0809М	декоративных деталей и изделий технического назначения.	
Стеклотекстолит СФ-1Н-35Г. Состав: - стеклоткань - медная гальваностойкая фольга - эпоксифе	За счет тканой основы из стекловолокна он отличается высокой устойчивостью к механическим, тепловым, химическим воздействиям, электрическому току, влаге. Применяется в радиотехнике, приборостроении, электронике для изготовления обычных и многослойных печатных плат.	Стеклотекстолит фольгированный СФ-1 имеет очень высокие механические и электроизоляционные свойства, хорошо поддается механической обработке резкой, сверлением, штамповкой. Стеклотекстолит устойчив к температуре до 400°C. Стандарт: ГОСТ 10316-78
Стекло листовое М1	Бесцветное прозрачное тянутое листовое стекло с гладкими поверхностями. Обладает высокой светопрозрачностью (в зависимости от толщины от 84 до 87%), достаточной механической прочностью, высокой химической стойкостью.	Стекло является экологически безопасной продукцией и в процессе производства, транспортирования, хранения и эксплуатации не выделяет токсичных веществ в окружающую среду. Стандарт: ГОСТ 111-90

#### 5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией можно назвать – пожар. Для того чтобы предотвратить возникновения ЧС по причине человеческого фактора, следует соблюдать технику безопасности при работе за ЭВМ. Если ЧС произошла, следует придерживаться требований безопасности в аварийных ситуациях [69].

#### Требования безопасности в аварийных ситуациях:

1. В случае возникновения аварийной ситуации работающий обязан отключить электроэнергию, сообщить руководителю и принять меры к ликвидации причин аварии.

2. В случае возникновения пожара отключить компьютер от электросети, вызвать пожарную охрану и приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения.

3. При внезапном заболевании или получении травм устранить воздействие повреждающих факторов, угрожающих жизни и здоровью пострадавших, вызвать скорую медицинскую помощь или организовать первую доврачебную помощь, сообщить о случившемся руководителю.

### **Пожар**

Рабочее помещение относится к категории В - пожароопасное, в нём находятся твёрдые сгораемые материалы и вещества. По степени огнестойкости рабочая зона относится к 3-й степени огнестойкости. Причины возникновения пожара: короткое замыкание, разрушение изоляции проводников, перегрузка в электросети. Класс помещения по пожарной опасности относится к П-Па, так как в этом помещении идет обработка информации с помощью ЭВМ.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Здание соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации (Рисунок 5.1), порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу. Для тушения токоведущих частей и электроустановок огнетушитель ОУ-2.

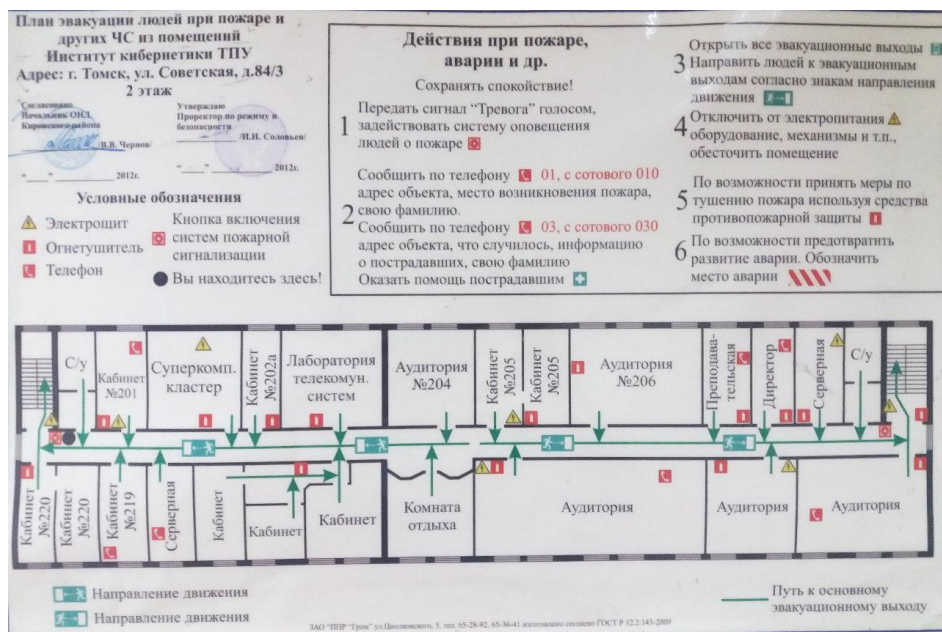


Рисунок 5.2. План эвакуации при пожаре и других ЧС

## 5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России) Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Для инвалидов I и II группы – не более 35 часов.

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Для работников, занятых на

работах с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

Перерыв, в течении рабочего дня сотрудника, должен быть не более двух часов и не менее 30 минут. Перерыв в рабочее время не включается. Всем работникам предоставляются выходные дни, работа в выходные дни производится только с посменного согласия работника. Организация выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы, в случаях, предусмотренных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Законодательством РФ запрещены дискриминация по любым признакам, а также принудительный труд.

Элементами рабочего места дизайнера ПЭВМ являются: стол и кресло. Основным рабочим положением дизайнера является положение сидя.

Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление работника. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще - расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Рабоче-моторное пространство – площадь рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека [70-74].

Максимальная зона досягаемости рук - это часть рабоче-моторного пространства, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть рабоче-моторного пространства, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом. Схема организации рабочего места оператора ПК показана на рисунке 5.2.

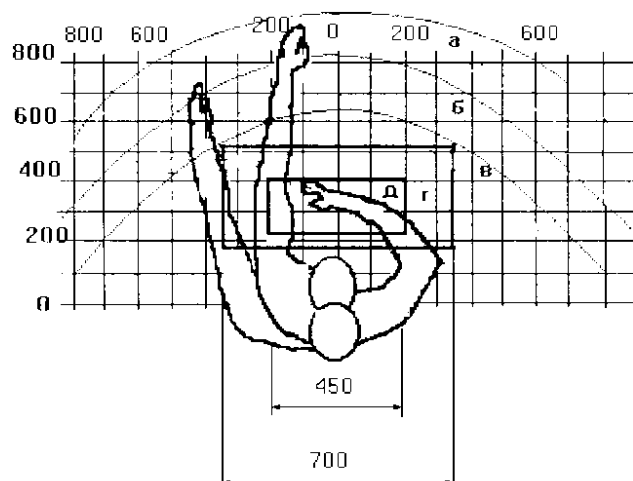


Рисунок 5.2 Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости.

Где а – максимальная досягаемость, б – досягаемость пальцев при вытянутой руке, в – легкая досягаемость ладони, г – пространство для грубой ручной работы, д – пространство для мелкой ручной работы.

Рациональное размещение оборудования в пространстве досягаемости рук:

1. Дисплей размещается в зоне, а (в центре).
2. Системный блок размещается в зоне б (слева).
3. Документация: в зоне легкой досягаемости ладони - и (слева) - литература и документация, необходимая при работе.
4. Клавиатура - в зоне г/д.

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног шириной - не менее 500 мм, высотой не менее 600 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм. Расположение клавиатуры должно быть не менее 100 - 300 мм от края, к пользователю. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм [75].

## Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы были получены следующие практические и методологические результаты:

1. Разработан концепт, представлена основная идея.
2. Созданы трёхмерные модели лабораторно-выставочной установки.
3. Выполнена визуализация.
4. Подготовлены габаритно-компоновочные схемы.
5. Подготовлены схемы эргономического анализа.
6. Выполнено задание по финансовому менеджменту и социальной ответственности.
7. Рассмотрены особенности лабораторно-выставочных установок и требований применяемым к ним.
8. Предложена технология проектирования лабораторно-выставочного оборудования.
9. Обосновано применение предложенного приема в процессе дизайн-проектирования.

При выполнении выпускной квалификационной работы были пройдены следующие этапы:

- разработана аналитическая часть,
- разработана практическая часть,
- разработана исследовательская часть,
- выполнены модели оболочки,
- исследовательская часть дала возможность оценить и отсеить неудачные дизайн-концепции прибора до начала этапа эскизирования, тем самым сэкономив время.

Была проведена апробация по теме ВКР:

- Международная конференция «Тинчуринские чтения» 2017.

- Международная научно-техническая конференция студентов и молодых ученых «Молодежь. Наука. Технологии» 2017.
- Литературный обзор «Методы создания карбидов кремния, интерпретация результатов его синтезирования с применением визуального анализа» 2017.
- Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению «Графикон» 2018 (принята к публикации).
- НИР ТПУ «Синтез карбида кремния» (руководитель к.т.н Пак А.Я.).

В ходе работы над ВКР были систематизированы и закреплены знания в сфере профессиональной деятельности. Это подготовило основание для научного исследования в проектировании дизайнерских задач. Основная цель проекта достигалась путем последовательного решения поставленных задач.

В первую очередь, был проведен аналитический обзор, в ходе которого была выявлена проблема на начальном этапе проектирования. Выделение проблем позволило провести их анализ и найти альтернативный подход, решающий эти проблемы.

Создание приема оценки дизайн-решения до этапа эскизирования, является научно-исследовательской задачей и может рассматриваться как отдельный этап процесса проектирования. Предложенный прием основывается на детальном описании проектируемого объекта и особенностей взаимодействия между инженером-исследователем и установкой. А матрица весовых решений позволяет объективно оценить идеи, концепции дизайн-решений так как основывается на важности того или иного критерия для конечного результата проектирования. Благодаря этому прием может использоваться для других проектов.

Благодаря применению приема оценки дизайн-решения на начальной стадии проекта были выявлены критерии предъявляемые к объекту

проектирования, благодаря которым дизайн-решение установки по получению карбида кремния, выполненный традиционным методом проектирования, был изменен. Новое решение проектной задачи позволило провести сравнительный анализ двух спроектированных объектов: объект проектирования стал соответствовать требованиям презентабельности и целостности, являющимися важными критериями для представления на научных выставках и конференциях. Несмотря на то что увеличились затраты на изготовление объекта, они являются обоснованными и не ведут к рискам, в силу того что, вариативность установки выше, а значит изменения в технологии синтеза не повлекут за собой потребность в изготовлении новой установки. Исходя из этого можно сделать вывод, что применение приема поиска границ и кумулятивной стратегии Пейджа вместе с матрицей взвешенных решений позволило сократить время на стадии эскизирования и повысить качество разрабатываемого объекта.

Прием оценки дизайн-решения при помощи матрицы взвешенных решений, решает несколько задач:

- Экономит время дизайнера на этапе эскизирования, исключив неудовлетворяющие критериям варианты расположения или компоновки элементов объекта.
- Дизайнер имеет возможность обосновать свое решение при помощи результатов оценки вариантов по предложенным взвешенным критериям.
- Прием существенно снижает число ошибок проекта на завершающей стадии.



## Список литературы

1. Проведение научных исследований в современных условиях [Электронный ресурс] режим доступа - <https://habrahabr.ru/post/320054/> (2018).
2. Универсальная энциклопедия Кирилла и Мефодия. Наука (сфера деятельности) [Электронный ресурс] режим доступа - <http://megabook.ru/article/> (2018).
3. Основы художественного конструирования: Учебное пособие для вузов/А. А. Барташевич, А. Г. Мельников. – Минск: Издательство «Вышэйшая школа», 1978. – 216 с.
4. Дизайн. История и теория/ Ковешникова Н.А.- М.: Омега-Л, 2009. – 224с.
5. Методы проектирования/ Джонс Дж. К. - Москва: Мир, 1986. – 326 с.
6. Язык архитектуры постмодернизма./ Дженкс Ч. ; Перевод с английского А. В. Рябушина, М. В. Уваровой; Под редакцией А. В. Рябушина, В. Л. Хайта. – Москва : Стройиздат, 1985. – 136 с.
7. История дизайна. Том 2. Дизайн индустриального и постиндустриального общества./ Михайлов С.М.- Союз дизайнеров России. Москва. 2002.
8. История дизайна. Том 2. Дизайн индустриального и постиндустриального общества./ Михайлов С.М.- Союз дизайнеров России. Москва. 2002.
9. Системный подход к проектированию технологических объектов [Электронный ресурс] режим доступа - [https://studopedia.su/5\\_163\\_sistemniy-podhod-k-proektirovaniyu-tehnologicheskikh-ob-ektov.html](https://studopedia.su/5_163_sistemniy-podhod-k-proektirovaniyu-tehnologicheskikh-ob-ektov.html) (2018).
10. Функциональный подход: определение, сущность [Электронный ресурс] режим доступа - <http://fb.ru/article/341766/funktsionalnyiy-podhod-opredelenie-suschnost-i-interesnyie-faktyi> (2018).

11. Аналитический подход [Электронный ресурс] режим доступа – <http://bibliotekar.ru/economika-predpriyatiya-4/27.htm> (2018).
12. Проблемный подход [Электронный ресурс] режим доступа – [http://rosdesign.com/design\\_materials3/metod.htm](http://rosdesign.com/design_materials3/metod.htm) (2018).
13. М.С. Кухта. Промышленный дизайн: учебник/ М.С. Кухта, В.И. Куманин, М.Л. Соколова и др; под ред. И.В. Голубятникова, М.С. Кухты; - Томск.: Томский политехнический университет, 2013. – 312 с.
14. Эргодизайн, качество, конкурентоспособность/ Даниляк В.И., Мунипов В.М., Федоров М.В. - М.: Издательство стандартов, 1990. - 217 с.
15. Оптимизация проектных решений в машиностроении: Методология, модели, программы/ Жак СВ. Отв. ред. А.М. Дризо. - Ростов н/Д: Изд-во Рост, ун-та, 1982. - 167 с.
16. Коновалов А. А. Логика изобретения. - Ижевск: Удмуртия, 1990, - 128с.
17. ГОСТ ИЕС 61010-1-2014 Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования.
18. Технология создания дизайн-проекта [Электронный ресурс] режим доступа – <http://schooled.ru/textbook/technology/10klas/36.html> (2018).
19. Концепция и методы проектирования в дизайне [Электронный ресурс] режим доступа – [http://taby27.ru/studentam\\_aspirantam/philos\\_design/referaty\\_philos\\_design/conzept\\_design/koncepciya-i-metody-proektirovaniya-v-dizajne-Chuwardina.html](http://taby27.ru/studentam_aspirantam/philos_design/referaty_philos_design/conzept_design/koncepciya-i-metody-proektirovaniya-v-dizajne-Chuwardina.html) (2018).
20. Предпроектный анализ [Электронный ресурс] режим доступа – <https://habr.com/company/superjob/blog/345618/> (2018).
21. Проектный предпроектный анализ [Электронный ресурс] режим доступа – <https://finswin.com/projects/osnovnye/proektnyj-analiz.html> (2018).
22. Tsunenobu Kimoto - Bulk and epitaxial growth of silicon carbide// ScienceDirect of Materials 62 (2016), p.329–351;

23. Xue-Min Liu and Ke-Fu Yao - Large-scale synthesis and photoluminescence properties of SiC/SiO<sub>x</sub> Nanocables// Nanotechnology 16 (2005), p.2932–2935;
24. Y.B. Li, S.S. Xie, X.P. Zou, D.S. Tang, Z.Q. Liu, W.Y. Zhou, G. Wang – Large-scale synthesis of b-SiC nanorods in the arc-discharge// Journal of Crystal Growth 223 (2001), p.125-128;
25. Способ получения углеродных нанотрубок и устройство его осуществления [Электронный ресурс] режим доступа – <http://www.findpatent.ru/patent/233/2337061.html> (2018).
26. Установка для массового производства карбида кремния [Электронный ресурс] режим доступа – <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/news/9318/doc/65041/> (2018).
27. Пластмассы, как строительный материал [Электронный ресурс] режим доступа – <http://www.polymerbranch.com/publ/view/8.html> (2018).
28. Полимеры, пластмассы [Электронный ресурс] режим доступа – [http://www.libma.ru/tehnicheskie\\_nauki/materialovedenie\\_shpargalka/p51.php](http://www.libma.ru/tehnicheskie_nauki/materialovedenie_shpargalka/p51.php) (2018).
29. Основные сведения о материале ABS [Электронный ресурс] режим доступа – <https://polimerinfo.com/kompozitnye-materialy/abs-plastik-chto-eto-takoe.html> (2018).
30. Описание и марки ABS пластиков [Электронный ресурс] режим доступа – <http://www.polymerbranch.com/catalogp/view/8.html&viewinfo=2> (2018).
31. Описание и марки полимеров – полиметилметакрилат [Электронный ресурс] режим доступа – <http://www.polymerbranch.com/catalogp/view/11.html&viewinfo=4> (2018).
32. Полиметилметакрилат и другие полиакрилаты: производство и свойства [Электронный ресурс] режим доступа – <https://mplast.by/encyklopedia/polimetilmetakrilat/> (2018).

33. Основные характеристики стеклотекстолита листового [Электронный ресурс] режим доступа – <https://polimerinfo.com/kompozitnye-materialy/steklotekstolit-listovoj.html> (2018).

34. Прессование полимерных композиционных материалов [Электронный ресурс] режим доступа – <https://mplast.by/encyklopedia/pressovanie-polimernyih-kompozitsionnyih-materialov/> (2018).

35. Литьевое прессование (Компрессионное формование) [Электронный ресурс] режим доступа – <https://plastinfo.ru/information/articles/219/> (2018).

36. Некоторые аспекты лазерной резки полимеров и ПКМ [Электронный ресурс] режим доступа – <https://plastinfo.ru/information/articles/239/> (2018).

37. Классификация 3D принтеров (7 технологий 3D печати) [Электронный ресурс] режим доступа – <https://geektimes.com/post/208906/> (2018).

38. Экструзионная 3D печать [Электронный ресурс] режим доступа – [http://personal-3d-printer.blogspot.com/2013/09/3d\\_17.html](http://personal-3d-printer.blogspot.com/2013/09/3d_17.html) (2018).

39. Виды 3D-печати порошками: плавка, спекание, склеивание [Электронный ресурс] режим доступа – <https://3d-expo.ru/ru/article/vidi-3d-pechati-poroshkami-plavka-spekanie-skleivanie-62495> (2018).

40. 7 преимуществ лазерной стереолитографии [Электронный ресурс] режим доступа – <http://blog.iqb-tech.ru/sla-technology> (2018).

41. Технологии 3D-печати [Электронный ресурс] режим доступа – [https://www.ixbt.com/printer/3d/3d\\_tech.shtml](https://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml) (2018).

42. Технологии 3D-печати [Электронный ресурс] режим доступа – [http://3dtoday.ru/wiki/3D\\_print\\_technology/](http://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology/) (2018).

43. Техническая эстетика [Электронный ресурс] режим доступа – <http://uniip.ru/juornal/arhiv/soderghanie/385-av1-2013/421-1-2013-obednina> (2018).

44. Материал и технологичность конструкции [Электронный ресурс] режим доступа – <http://stroy-spravka.ru/article/material-i-tehnologichnost-konstruktsii> (2018).

45. Эстетическая функция дизайна [Электронный ресурс] режим доступа – [http://taby27.ru/studentam\\_aspirantam/philos\\_design/referaty\\_philos\\_design/opredelenie\\_design/esteticheskaya-funkciya-dizajna.html](http://taby27.ru/studentam_aspirantam/philos_design/referaty_philos_design/opredelenie_design/esteticheskaya-funkciya-dizajna.html) (2018).

46. Топ-10 сварочных инверторов дизайна [Электронный ресурс] режим доступа – <http://www.expertcen.ru/article/ratings/luchshie-svarochnye-inventory.html> (2018).

47. Осциллограф. Назначение, устройство и описание осциллографа [Электронный ресурс] режим доступа – <http://go-radio.ru/oscillograf.html> (2018).

48. Матрица Пью [Электронный ресурс] режим доступа – <http://uspeh-success.ru/matritsa-prinyatiya-resheniya-ili-kak-spasti-ot-golodnoy-smerti-buridanova-osla/> (2018).

49. Использование таблицы взвешенных задач [Электронный ресурс] режим доступа – <http://vex.examen-technolab.ru/lessons/appendices/126/> (2018).

50. Фотоэлектрические датчики [Электронный ресурс] режим доступа – [https://rusautomation.ru/s\\_otrazheniem\\_ot\\_obekta](https://rusautomation.ru/s_otrazheniem_ot_obekta) (2018).

51. Пирометр [Электронный ресурс] режим доступа – [http://www.vseinstrumenti.ru/instrument/izmeritelnyj/izmeriteli\\_temperatury/pirometry/megeon/pirometr\\_megeon\\_16350/](http://www.vseinstrumenti.ru/instrument/izmeritelnyj/izmeriteli_temperatury/pirometry/megeon/pirometr_megeon_16350/) (2018).

52. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерской диссертации для всех специальностей ИК ТПУ / сост. В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 29 с.

53. SWOT-анализ [Электронный ресурс] режим доступа – <http://powerbranding.ru/biznes-analiz/swot/> (2018).

54. Методика проведения SWOT-анализа [Электронный ресурс] режим доступа – <http://marketing.by/novosti-rynka/metodika-provedeniya-swot-analiza-obraztsy-matrits-swot/> (2018).

55. Диаграмма Ганта [Электронный ресурс] режим доступа – [http://www.vseinstrumenti.ru/instrument/izmeritelnyj/izmeriteli\\_temperature/pirometry/megeon/pirometr\\_megeon\\_16350/](http://www.vseinstrumenti.ru/instrument/izmeritelnyj/izmeriteli_temperature/pirometry/megeon/pirometr_megeon_16350/) (2018).

56. СанПиН 2.4.7./1.1.1286-03 Глава II.Раздел 10.Единые санитарноэпидемиологические и гигиенические требования к продукции, подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору. Материалы для изготовления изделий контактирующих с кожей человека.

57. СанПиН 2.4.7./1.1.1286-03 Глава II.Раздел 18. Единые санитарноэпидемиологические и гигиенические требования к продукции, подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору. Требования к изделиям медицинского назначения и медицинской технике.

58. СанПиН 2.2.4-548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы

59. СанПиН 2.2.4.1294-03 Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений

60. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

61. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах

62. СанПиН 2.2.4/2.1.8.005-96 Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения

63. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий

64. 58. 12.1.003–83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности

акрилонитрилбутадиенстирольные АБС.

66. ГОСТ 10589-87. Полиамид 610 литьевой. Технические условия.

67. ГОСТ 24888-81 Пластмассы, полимеры и синтетические смолы.

Химические наименования, термины и определения

68. НПП «Симплекс» АБС-пластик [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.simplexnn.ru> (2017 г.).

69. Основные сведения о материале АБС-пластик [Электронный ресурс] режим доступа: <https://polimerinfo.com/kompozitnye-materialy/abs-plastik-chto-eto-takoe.html> (2017 г.).

70. ГОСТ Р 54533-2011 (ИСО 15270:2008) Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководящие принципы и методы утилизации полимерных отходов.

71. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

72. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

73. СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий»

74. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. - 2008.

75. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

Приложение  
Раздел магистерской диссертации на иностранном языке

Реферат  
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНО-ВЫСТАВОЧНЫХ УСТАНОВОК,  
НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ДМ61	Никулина Екатерина Алексеевна		

Консультант ИШИТР ОАР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР	Захарова А.А.	д. т. н.		

Консультант – лингвист ОИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Диденко А.В.	к.ф.н		





## **Abstract**

Scientific activity is one of the main branches of human interests. It is aimed at improving existing objects, technologies, materials, as well as the development and discovery of something completely new and unknown until now.

In addition, scientific research and experiments are not possible without funding, since conducting experiments is always associated with expensive equipment required to test the basic idea of scientific research. In addition to the expenses necessary for the experiment itself, there is a need to present its results to experts at various conferences and exhibitions. This requires a visual representation of the project.

The results of the experiment are presented in the form of presentation material (presentation, posters, brochures), but this is not enough to show the essence of the research, so show the element or workflow of the experiment. This causes a number of difficulties. In most cases, scientific research is mainly aimed at obtaining results, confirming an idea, and not usual representation. And the "pilot-demonstration" projects often represent a minimal set of elements, in some cases insufficient to represent the working process of the experiment, or assembly from improvised materials without the slightest aesthetic hint. Such a presentation can worsen the understanding of the main idea of the project, due to the person's predisposition to visual perception. In this connection, it becomes necessary to create a shell that will not only present the idea of scientific research, but will also be used for further research, being able to be modified and transformed into an experiment.

The study of new materials that contribute to improving the physical characteristics of objects is an important part of modern production. For example, silicon carbide, the synthesis of which has been studied since 1893, is not only a technological material used to create bearings and parts of equipment for high-temperature furnaces, but is also actively used in jewelry. The technology of silicon carbide production is different, as is the crystal lattice of this material, depending on the synthesis method. The installation consists of four main units. It includes a gas

supply chamber, an arc ignition module, a water cooling and power supply system. The scientist of Tomsk Polytechnic University has developed a new synthesis technology. This simplifies the production technology and, in addition, does not require gas supply and vacuum zones, as well as water cooling systems. To represent and study the developed technology, it is necessary to create a working model of the installation.

Taking into account the peculiarities of the technique used by TPU scientists, the laboratory installation for the production of silicon carbide consists of three main blocks:

- Power block consisting of batteries, welding equipment connected to a USB oscilloscope.
- Reactor, which is a drive that performs work to move the anode and cathode holder. In addition, this unit includes boards for controlling automatic processes.
- Registration unit consisting of a PC (laptop) for recording experimental data.

During the observation of the experiment and interaction with the engineer working on the synthesis of silicon carbide, the basic requirements and functions necessary for designing and creating a future installation were determined. Thus the main design task is to integrate the welding machine with the oscilloscope into one housing, and also, to organize the reactor installation zone. The arrangement of the blocks must correspond to the ergonomic features of the man-machine interaction, and also, meet the requirements and standards applicable to laboratory installations.

Due to the innovative nature of the method for synthesizing silicon carbide, the process of creating an enclosure can be complicated by the uncertainty associated with the assembly and possible installation details. In addition, the technology is suitable for the synthesis of other materials, therefore it is possible to replace the parts of the installation, or addition of measuring objects, and therefore the overall dimensions should assume the possibility of such changes.

The application of engineering design methods and close cooperation between the designer and the researcher allow to solve all the technical problems of this

project. The design of the shell for the installation of silicon carbide methods of engineering was based on the following requirements:

- Economic component;
- Availability, strength and consistency of materials;
- Transportability;
- Change and variability of structures during the experiment.

The two main shell blocks, the spectrum in Figure 1, meet the stated requirements.

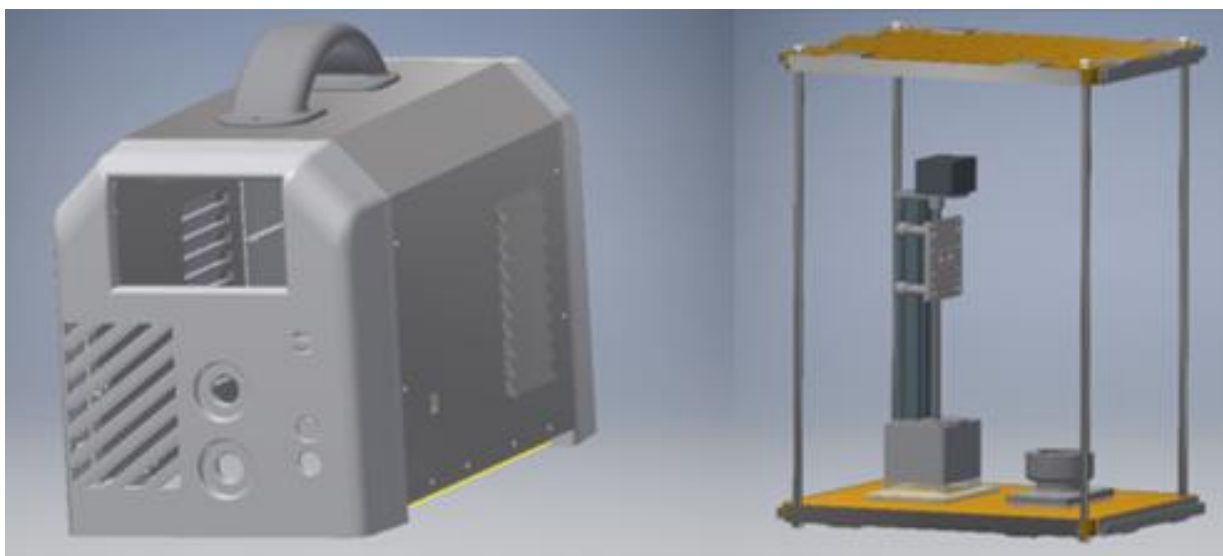


Figure 1. Installation blocks

The power unit of the installation is made of ABS plastic with 3-D printing, its body is a simplified view of the existing analogs of welding-inverters. This decision was made in connection with the fact that all parts are made on 3D printers. Internal content can not be changed due to the complexity of soldering the boards and other parts. The USB oscilloscope is used to measure the experimental parameters. The combination of these devices in this case is necessary, since it allows recording the reaction parameters, the change of which is responsible for changing the structure of the material obtained.

Plastic ABS is a modern synthetic polymer with a high degree of impact resistance and elasticity. Due to its good technical characteristics, it is widely used as an engineering and structural material.

The main properties that affect the demand for the material on the market are:

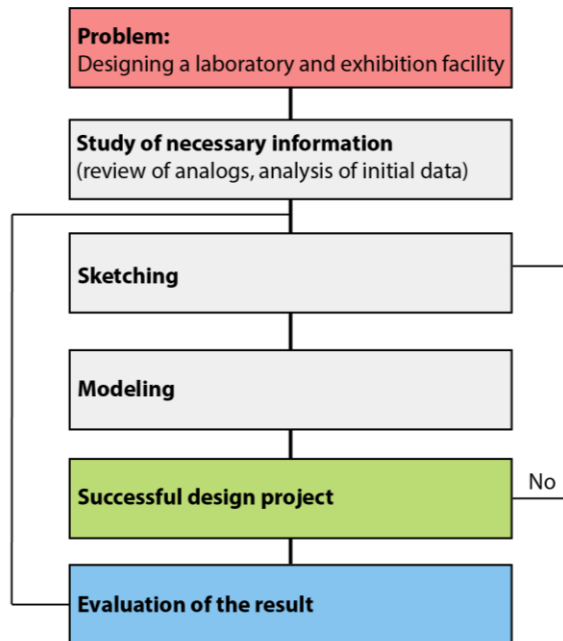
- high wear resistance and strength combined with elasticity;
- durability under the condition of work without exposure to ultraviolet rays;
- high resistance to detergents and alkaline compounds; resistance to moisture, acids and oils;
- non-toxicity under normal conditions; it can work at temperatures from -40 °C to +90 °C with preservation of technical characteristics;
- in pure form, the material has a matte surface of yellowish hue, but can be painted with any pigmentary additives in any color and become transparent.

The interior space of the case allows to add additional small parts. ABS plastic is quite strong material, capable of withstanding the required load, in addition, it is a dielectric and meets the necessary standards.

The reactor block is a strong glass-tectolite plate, connected with metal pins. Metal pins can act as a fastener for additional registration data. Inside the device there is a drive with cathode and anode holders. The installation body (walls) are tinted glasses located in the guides, which help protect the eyes from the light emanating from the electric arc during the experiment. The walls of the installation have different options, depending on the case of the installation. For example, the exhibition version can have ordinary glass, demonstrate internal parts of the installation or tinted plates for the continuous operation of the installation.

Focusing on the technical component of the project affects the aesthetic component which is important due to the exhibition function of the installation. To solve this and other problems associated with the development of laboratory and exhibition facilities, a new design technology was proposed based on a detailed description of the project, taking into account all possible variations and problems arising in the design and operation of the plant. Figure 2 shows the traditional design technology and the proposed technology, based on a detailed description of the object.

## Traditional design technology



## Upgraded design technology

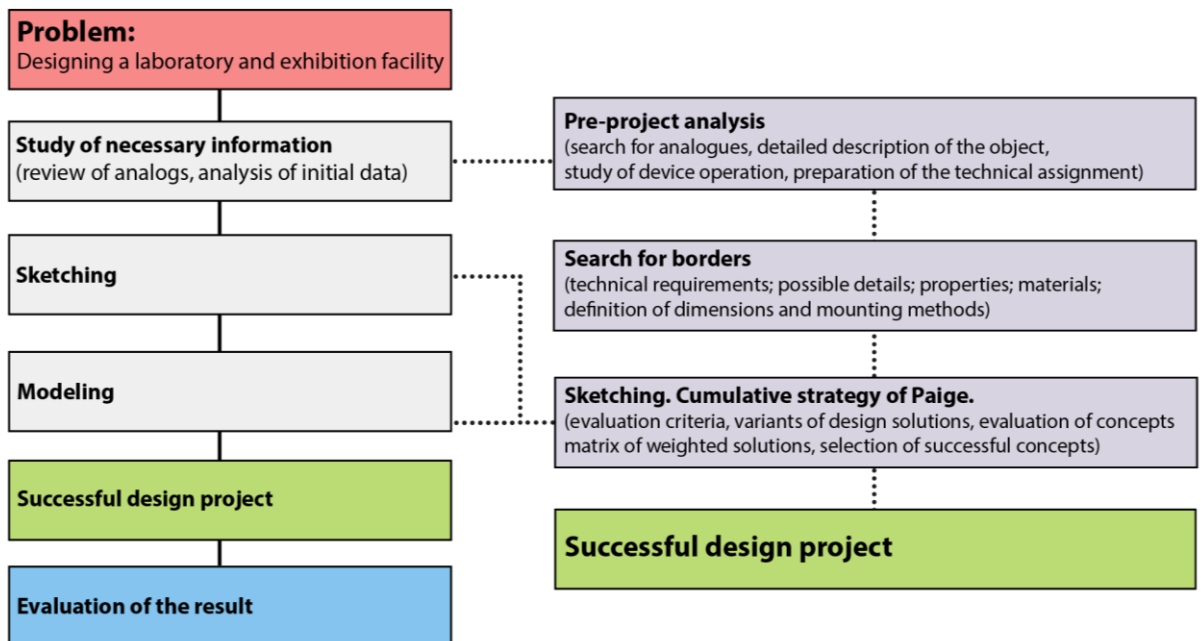


Figure2. Design technologies

The main feature of the proposed technology is the evaluation of the project at the stage of creating sketches, which avoids the cyclicity of the observed in the case of traditional design. Focusing on the capabilities of laboratory and exhibition

facilities allows to take into account important criteria even at the first stages of design. A deeper study of the problem of design and problems, possible at the stage of familiarization, selection of material, design, manufacture and use of the developed product will allow at a preliminary stage to have a number of limitations and criteria that enable to evaluate the design result at the stage of creating a design concept.

Modernization of traditional technology is a combination of two design methods (the method of finding boundaries and the Paige cumulative strategy) and the matrix of weighted solutions. Such a synthesis allows not only to estimate the possible dimensions of the future plant, taking into account the tolerances for additional equipment, but also to give a balanced assessment of all possible ideas and combinations of units and parts of the plant, accounting for the criteria set for it.

During the modernization of the technology, the main points were highlighted and the shortcomings of the method with respect to the design task were considered from the proposed options. So, for example, the disadvantage of the boundary search method is the necessity of creating a working model with customizable parameters to determine the required sizes and performance tests. However, the first two stages of this method allow to determine the interval in which an acceptable value of overall dimensions is found.

Thus, it is necessary to apply the modified boundary search method to solve the possible problems associated with the lack of space for connecting additional parts. This method is represented by the following steps:

1. Search for additional parts of the plant, determination of their overall dimensions.
2. Description of the required criteria for estimating the acceptability of decisions.
3. Evaluation of position options according to the described criteria, taking into account the significance factor.

In addition to the fact that the method allows to determine the boundaries of the projected object, it also helps to filter out unsuccessful variants of the layout of

parts. Furthermore, it makes possible to reduce the time spent on creating concepts in the sketch phase.

After determination of all possible criteria and problems and formulating the design task there starts a process of finding the form of the object, in parallel with which it is worth to apply the method of the Paige cumulative strategy, which allows not only to choose a successful option, but also, to evaluate it immediately. This method is well suited for such plants, since it takes into account all possible variants and their shortcomings, enabling to combine aesthetic and technical functions.

Thus, during the design, the following criteria for the evaluation of laboratory and exhibition equipment were singled out:

1. Appearance, presentability;
2. Variability of the structure;
3. Transportability;
4. Ease of assembly;
5. Materials;
6. Availability of parts manufacturing;
7. Integrity, ease of use;
8. The financial cost of the plant.

The design concept of a device for the production of silicon carbide based on the developed technology was developed. Table 1 presents the criteria and evaluation of the proposed concepts, including the concept obtained by the traditional design method.





Table 1. Evaluation of design concepts

Variant \ Criterion	Appearance, presentability			Variability of the construction			Transportability			Ease of assembly			Materials			Availability of parts manufacturing			Integrity, convenience			The financial cost of installation			Weighted estimate
<i>index</i>	0,5	0,75	1	1	0,75	0,75	1	1	1	1	0,75	0,5	1	0,75	1	1	1	1	0,9	0,75	0,7	0,7	1	0,8	
1	3	3	1	3	4	2	5	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	5	4	3	1	5	5	5	3,48
2	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	3	4,05
3	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	3	4	5	5	4	3	3	3,52
4	4	5	3	4	2	3	4	5	3	4	3	5	4	5	4	4	3	5	4	5	3	4	3	3	3,28
5	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	3,64
6	4	4	4	3	4	4	3	5	3	3	5	4	3	5	5	3	4	3	3	4	5	3	3	3	3,18
7	5	4	3	3	4	4	3	5	4	3	5	4	3	5	5	3	5	4	3	5	5	3	4	4	3,39

Summarizing the results of the design and selection of a successful solution of the laboratory and exhibition facility, it is worth noting that different options were considered for assembling the internal parts of the objects, as well as fixing the modules among themselves. Table 2 presents the results of selecting a design solution that satisfies all the criteria, for comparison here are presented:

- The concept with the highest weighted average expert evaluation, depending on the area of their competence, obtained by the modernized method;
- The concept obtained by the traditional design method.

Table 2. Comparison table of weighted estimates.

		
Appearance, presentability	1,58	3,75
Variability of the construction	2,5	3,4
Transportability	5	5
Ease of assembly	3,5	3,75
Materials	3,92	4,58
Availability of parts manufacturing	5	4,66
Integrity, convenience	2,93	3,91
The financial cost of installation	4,16	3,3
Weighted estimate	3,48	4,08

The design solution obtained by the modernized design technology is inferior to the engineering variant by two criteria:

- availability of parts;
- financial costs of installation.

Despite this, the engineering option has a lower rating of variability and presentability, which are the most important for laboratory and exhibition equipment. In addition, a more aesthetic body can help attract investors' attention to the idea of scientific research.

## *Приложение А*

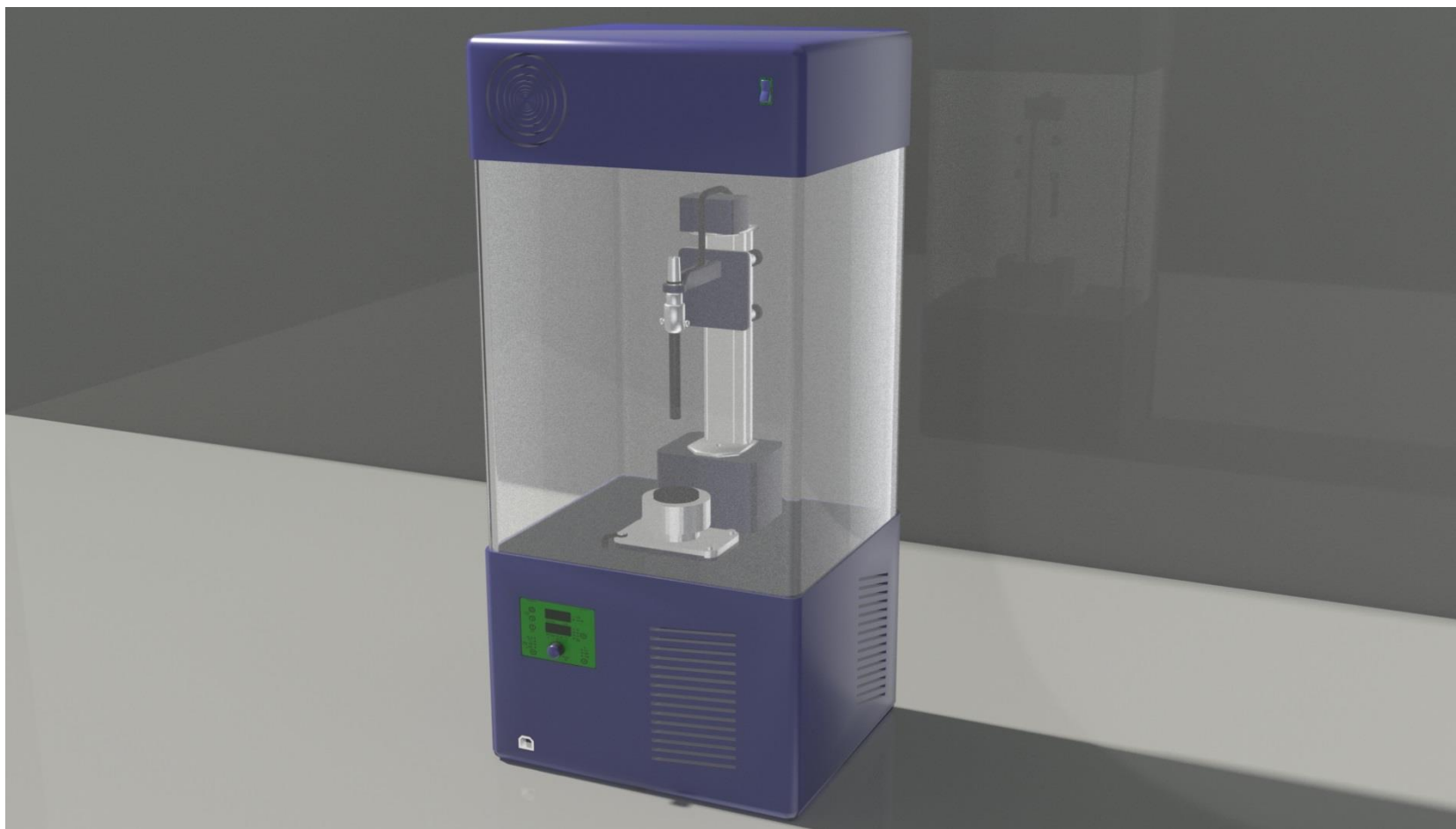
Дизайн-решение инженерным методом проектирования



## ***Приложение Б***

Дизайн-решение модернизированной технологией проектирования

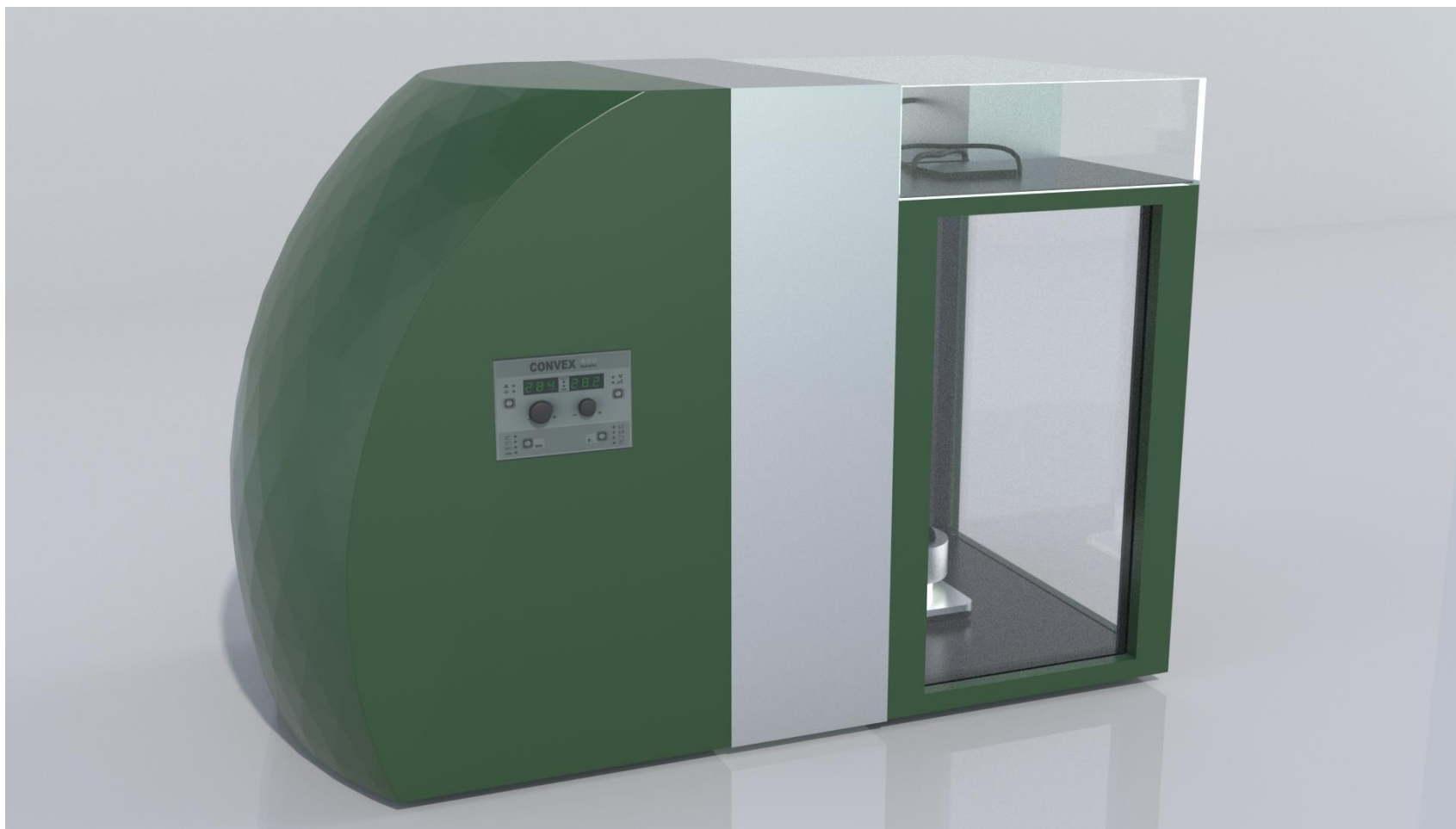
Концепция №2



## ***Приложение В***

Дизайн-решение модернизированной технологией проектирования

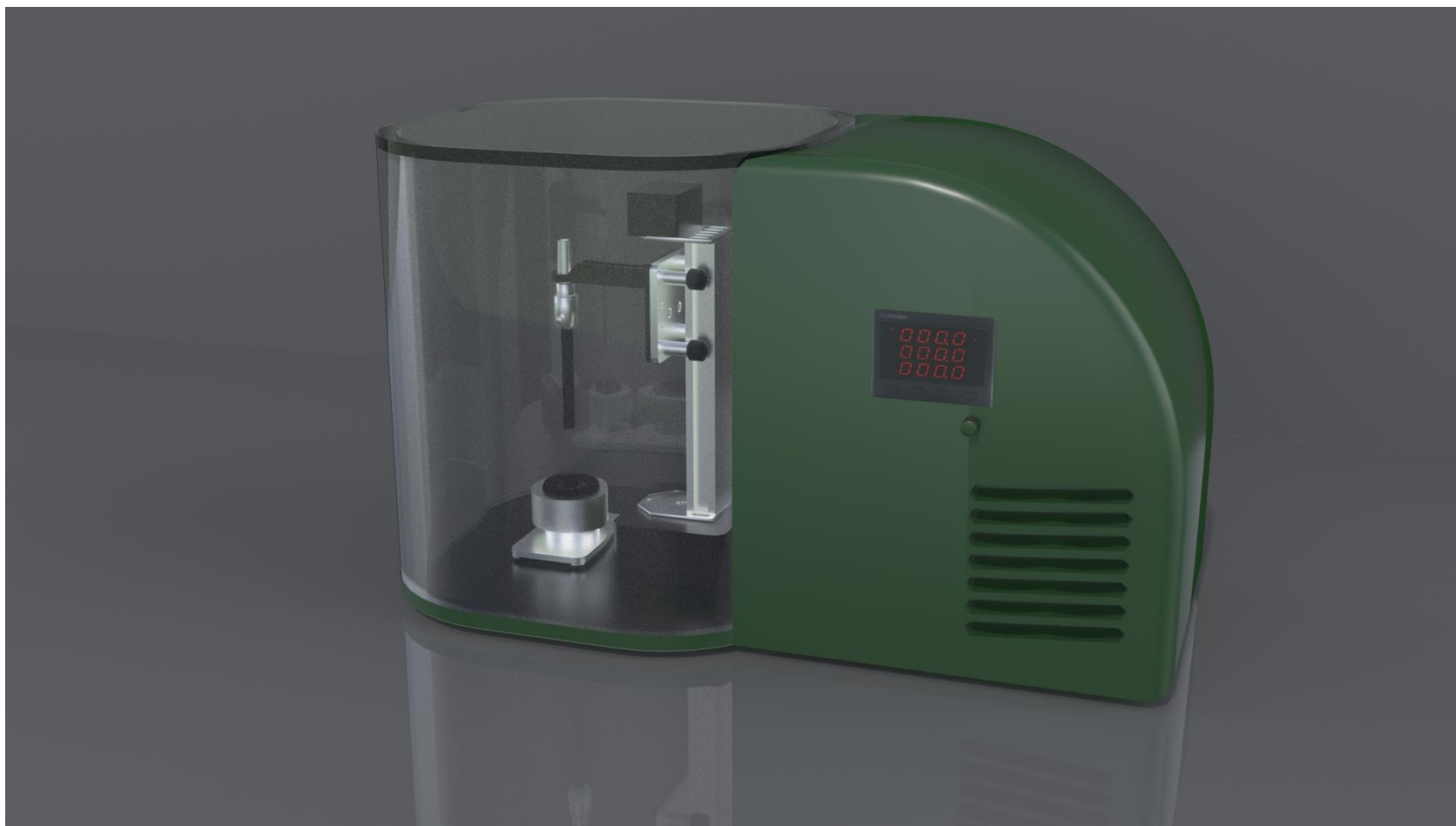
Концепция №3



### *Приложение Г*

Дизайн-решение модернизированной технологией проектирования

Концепция №4



## *Приложение Д*

Дизайн-решение модернизированной технологией проектирования

Концепция №5





## *Приложение Е*

Дизайн-решение модернизированной технологией проектирования

Концепция №6



## *Приложение Ж*

Дизайн-решение модернизированной технологией проектирования

Концепция №6

